

**ANÁLISIS DEL CONCRETO CON EL USO DE VIDRIO MOLIDO COMO AGREGADO
FINO PARA MEJORAR LOS NIVELES DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

AUTOR:

FABIÁN EDUARDO ZABALETA SOTO

JONATHAN FUENTES LÓPEZ

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2022

**ANALISIS DEL CONCRETO CON EL USO DE VIDRIO MOLIDO COMO AGREGADO
FINO PARA MEJORAR LOS NIVELES DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

**FABIÁN EDUARDO ZABALETA SOTO
JONATHAN FUENTES LÓPEZ**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y
SANITARIO**

**DIRECTOR:
ING. EBERTO ORTEGA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2022

Tabla de contenido

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	13
2.	JUSTIFICACIÓN	14
3.	OBJETIVOS	15
3.1.	OBJETIVO GENERAL	15
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	15
4.	MARCO REFERENCIAL.....	16
4.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	16
4.2.	MARCO TEÓRICO.....	20
4.2.1.	CONCRETO	20
4.2.2.	TIPOS DE CONCRETO	21
4.2.9.	PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO	29
4.3.	MARCO CONCEPTUAL	34
4.4.	MARCO CONTEXTUAL.....	36
4.5.	MARCO LEGAL	38
5.	MARCO METODOLÓGICO	40
5.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	40
	LINEA DE INVESTIGACION	40
	SUBLINEA DE INVESTIGACION	40
5.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	40
5.3.1.	Etapa 1: Definir la dosificación de diseños de mezcla con vidrio molido y con un agregado fino convencional	41



5.3.2. Etapa 2: Realizar ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los dos diseños de mezcla desarrollados	47
5.3.3. Etapa 3: Comparar los resultados obtenidos de los ensayos para los diseños de mezcla.....	50
6. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN.....	52
ETAPA 1 Definir la dosificación de diseños de mezcla con vidrio molido y con un agregado fino convencional.	52
ACTIVIDAD 1 - Selección del vidrio reciclado como agregado.	52
ACTIVIDAD 2 - Análisis Granulométrico.	54
GRANULOMETRÍA.....	56
ANÁLISIS.....	61
ACTIVIDAD 3 – Diseño de mezcla por el método ACI.....	61
Cálculos de % de humedad, P.U.S, P.U.C y % de absorción de ag. Fino Arena. ...	61
Calculo del % de humedad, P.U.C, P.U.S y % de absorción del ag. Fino Vidrio. ...	62
Calculo del % de humedad, P.U.C, P.U.S y el % de absorción del ag. Grueso Grava.	63
Calculo del Peso específico del agregado Grueso.....	65
Calculo del Peso específico del agregado Fino	65
DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO ACI CON AGREGADOS CONVENCIONALES ARENA Y GRAVA.....	66
Agregado Grueso.....	67
1. Calculo F'_{cr} (Resistencia a la compresión requerida).....	67
2. Calculo para el tamaño máximo nominal	67
3. Contenido de aire.....	67
4. Contenido de agua.....	68



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**

5.	Relación agua/cemento (a/c)	68	
6.	Contenido del cemento	68	
7.	Peso del agregado grueso	68	
8.	Volumen absoluto de los materiales	69	
9.	Calcular peso del ag. Fino	70	
10.	Presentación del Diseño de mezcla en estado seco	70	
11.	Corrección por humedad de los agregados	70	
12.	Aporte de agua a la mezcla	70	
13.	Agua efectiva	71	
14.	Proporcionamiento del Diseño de Mezcla	71	
15.	Cantidades utilizadas para obtener la muestra	72	
16.	Cantidades para 4,16 kg de Cemento	72	
DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO ACI CON AGREGADO FINO DE VIDRIO TRITURADO Y GRAVA			73
1.	Calculo F'_{cr} (Resistencia a la compresión requerida)	73	
2.	Calculo para el tamaño máximo nominal	73	
3.	Contenido de aire	74	
4.	Contenido de agua	74	
5.	Relación agua/cemento (a/c)	74	
6.	Contenido del cemento	74	
7.	Peso del agregado grueso	75	
8.	Volumen absoluto de los materiales	75	
9.	Calcular peso del ag. Fino	76	
10.	Presentación del Diseño de mezcla en estado seco	76	

11. Corrección por humedad de los agregados	76
12. Aporte de agua a la mezcla	77
13. Agua efectiva	77
14. Proporcionamiento del Diseño de Mezcla	77
15. Cantidades utilizadas para obtener la muestra	78
16. Cantidades para 4,16 kg de Cemento	78
 ETAPA 2 Realizar ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los dos diseños de mezcla desarrollados	 79
ACTIVIDAD 1 - Ensayo de Asentamiento del concreto NTC 396	79
ACTIVIDAD 2 - Identificación de propiedades en estado fresco	80
ACTIVIDAD 3 – Elaboración de especímenes o probetas cilíndricas de concretos	82
ACTIVIDAD 4 - Ensayo de resistencia a la compresión NTC 550	85
 ETAPA 3 Comparar los resultados obtenidos de los ensayos para los diseños de mezcla	 87
ACTIVIDAD 1 – Descripción de las fallas obtenidas	87
ACTIVIDAD 2 - Tabulación de los resultados obtenidos	89
 CONCLUSION	 93
RECOMENDACIONES	95
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	99

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación Geográfica de Valledupar-Cesar	36
Ilustración 2: Especificaciones del Cono de Abrams	48
Ilustración 3: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto	50
Ilustración 4: Tipo de falla de los ensayos de resistencia a la compresión	51
Ilustración 5: Reciclaje de envases de vidrio no retornables.	52
Ilustración 6: <i>Lavado y secado de envases reciclados.</i>	53
Ilustración 7: Vidrio reciclado triturado.	53
Ilustración 8: Partículas más finas de vidrio reciclado.	54
Ilustración 9: Secado de las muestras de los agregados.	54
Ilustración 10: Cuarteado de los agregados arena y grava.	55
Ilustración 11: Orden de tamices para las granulometrías de los agregados.	56
Ilustración 12: Pesaje de los agregados arena y grava.	56
Ilustración 13: Pesaje de los agregados arena y vidrio.	59
Ilustración 14: Peso para los cálculos del agregado Fino Arena.	62
Ilustración 15: Peso para los cálculos del agregado Fino Vidrio.	63
Ilustración 16: Peso para los cálculos del ag. Grueso Grava.	65
Ilustración 17: Cálculo del peso específico para el ag. Grueso	65
Ilustración 18: Cálculo del peso específico para el ag. Fino.	66
Ilustración 19: Grafica del asentamiento de las mezclas.	81
Ilustración 20: Proceso de los dos tipos de mezcla en estudio.	83
Ilustración 21: encurado de los cilindros o probetas con ambas mezclas.	83
Ilustración 22: Encofrado y desmolde de los cilindros.	84
Ilustración 23: Cilindros antes del curado final.	84
Ilustración 24: Organización de las edades para cada especímenes.	85
Ilustración 25: especímenes a edad de 7 días.	86
Ilustración 26: Grafica del % de Humedad.	87
Ilustración 27: Grafica comparativa de la resistencia a la compresión.	91

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Componentes químicos del Vidrio Sódico	31
Tabla 2: Normatividad vigente.....	38
Tabla 3: Valores de asentamiento recomendados por clase de construcción.....	43
Tabla 4: Valores recomendados de TMN según el tipo de construcción.....	44
Tabla 5: Valores recomendados para el contenido de aire en el concreto.....	44
Tabla 6: Requerimientos aproximados de agua de mezclado.....	45
Tabla 7: Resistencia promedio a la compresión requerida f'_{cr}	45
Tabla 8: Relación entre la resistencia a la compresión y la relación A/C.	45
Tabla 9: Volumen compactado y seco de agregado grueso, por unidad de volumen de concreto (b/b ₀) para diferentes módulos de finura de arena.....	46
Tabla 10: Tamices utilizados para la Granulometría.	55
Tabla 11: Cálculos de la granulometría grava – arena.....	57
Tabla 12: Cálculos de granulometría grava – vidrio.	60
Tabla 13: Comparativa del módulo de finura en ambas mezclas.....	61
Tabla 14: Tabla de datos para los agregados grava y arena.	67
Tabla 15: Cantidad de los agregados para la mezcla convencional.....	71
Tabla 16: Tabla de datos para los agregados grava y vidrio.....	73
Tabla 17: Cantidad de los agregados para la mezcla de grava y vidrio molido.....	78
Tabla 18: Asentamiento de las mezclas con vidrio.....	80
Tabla 19: Tipos de mezclas de concreto a trabajar.....	82
Tabla 20: Edades y número de cilindros utilizados.	85
Tabla 21: Fecha de ruptura de cada cilindro.	86
Tabla 22: Fallas de los cilindros de la resistencia a la compresión.	88
Tabla 23: Descripción de los tipos de falla en el ensayo de los cilindros	89
Tabla 24: Resultados de la resistencia de la compresión de los cilindros.....	90
Tabla 25: Resistencia a la Compresión.....	91

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Resultado del cilindro mezcla A de 7 días.....	100
Anexo 2: Resultado del cilindro mezcla B de 7 días.....	101
Anexo 3: Resultado del cilindro mezcla A de 14 días.....	102
Anexo 4: Resultado del cilindro mezcla B de 14 días.....	103
Anexo 5: Resultado del cilindro mezcla A de 28 días.....	104
Anexo 6: Resultado del cilindro mezcla B de 28 días.....	105

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad en Colombia, se ha buscado generar un mejoramiento del manejo medio ambiental en los diversos sectores de la economía, no siendo la excepción, el área de la construcción, donde el concreto o morteros conocidos como los materiales más utilizados en este sector, representan una gran importancia para el desarrollo de la sociedad, por lo tanto, diferentes investigaciones a lo largo del tiempo, se han enfocado en el mejoramiento de las propiedades mecánicas y físicas de estos materiales, con la posibilidad del aprovechamiento de residuos de otro tipo de industrias y creando un proceso sostenible.

De tal forma que, empresas como Superservicios (2016, p.43) plantean como *“A nivel nacional los materiales provenientes del servicio público de aseo que más se aprovechan son el papel y el cartón, con un porcentaje de 53% correspondientes a 55.733 toneladas, seguido de los metales con un 25% y del vidrio con un 13%”*, claramente, esto nos lleva a decir que, los residuos como el vidrio dentro del país, no presentan correctas actividades de gestión integral y por lo tanto las medidas de aprovechamiento son deficientes.

Otros autores, como Arroyave & Jaramillo (2014) han expuesto la grave problemática frente al manejo y disposición de residuos sólidos como el vidrio, teniendo en cuenta que, en la actualidad, no se disponen de metodologías o procedimientos oficiales para su gestión, adicionalmente, se presenta cifras en el país de aprovechamiento de estos residuos, con valores de hasta 51%, lo cual es bastante bajo al compararlo con cifras de otros países.

Por consiguiente, se destaca lo dicho por Cano & Cruz (2017), donde determinan que es necesario el análisis de materiales que impacten positivamente el medio ambiente, por lo tanto, se plantea la posibilidad de investigar residuos producidos por algunas industrias, que hayan cumplido con su vida útil, y que sean punto de partida para la creación de una

fórmula esencial, para unificar los dos principios de consumo y sostenibilidad, siendo el mayor desafío para la ingeniería del siglo XXI.

De acuerdo a lo anterior, el país tiene grandes ventajas con respecto a la reutilización de desechos, el 30 % de los residuos producidos en Colombia está compuesto por materiales con potencial de aprovechamiento como papel, cartón, metal, vidrio, textiles o plástico, es así, que según el Ministerio de Ambiente el manejo inadecuado que se está dando a estos residuos y a los productos está causando presión sobre la capacidad de los rellenos sanitarios y desperdiciando materia prima y energía. (Caro, 2019).

Igualmente, en la búsqueda de utilización de materiales o fibras que permitan mejorar las características de este tipo de diseño de mezclas estructurales, destacan las de mayor importancia como la resistencia a la compresión, que será factor determinante en la durabilidad de cualquier obra.

Según García (2014), la adición de fibra en el concreto busca mejorar algunas de sus propiedades mecánicas tales como rigidez, tenacidad, resistencia a la compresión y a la tracción; sin embargo, los constructores utilizan estas fibras sin considerar sus propiedades, por ende, esto genera un alto grado de incertidumbre al momento de realizar el concreto ya que al no conocer las propiedades de sus componentes no podemos garantizar cómo influirá la fibra en el concreto

En consecuencia, esta investigación busca la reutilización de residuos altamente contaminantes como el vidrio, partiendo de identificar la manera en que se puede mejorar propiedades, en este caso, la resistencia a la compresión, de materiales como el concreto o mortero; teniendo en cuenta, que este tipo de materiales deben tener un tratamiento especial para su adición al diseño de mezcla, usados principalmente la trituración y molienda.

Por otro lado, el Ministerio de Medio Ambiente (2001) expuso que la fabricación de vidrio es una actividad de alta temperatura y con uso intensivo de energía, que produce la

emisión de productos de combustión y la oxidación a alta temperatura del nitrógeno atmosférico, es decir, dióxido de azufre, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

Ahora, en el caso específico del departamento del Cesar y el informe presentado por Superservicios (2016), la ciudad de Valledupar presenta uno de los índices más bajo de aprovechamiento de desechos en todo el país, con una cifra del 0,1%, es decir de las 138,279 Toneladas generadas de residuos sólidos, solo se están aprovechando 75 Toneladas, una situación realmente preocupante para este municipio.

Además, la alta demanda de el departamento en los procesos constructivos, la variación positiva del Cesar fue de 30,4 %, por eso el departamento fue el quinto que mayor aportó al crecimiento de la producción, ese aumento se explica en el crecimiento de demanda para obras civiles y edificaciones (EL PILON, 2019).

En este orden de ideas, se añade el hecho de que la arena es uno de los principales componentes del concreto estructural y también representa el segundo recurso más utilizado por el hombre y siendo así, que ha crecido una preocupación en los últimos años por la alta demanda que presenta, para diversas actividades económicas

Para el sector constructivo, la arena que se necesita debe ser más angulosa y se obtiene generalmente de los lechos, bancos y llanuras aluviales de los ríos, así como en los lagos y en la orilla del mar y allí se va comprendiendo el problema porque vemos que el origen del material resulta mucho más acotado, su demanda a nivel global es tan intensa que para lograr satisfacerla se destruyen cauces de ríos y playas (Campetella & Villena, 2019).

En consecuencia, mediante esta investigación se buscó inicialmente estimar las proporciones de los componentes del concreto como cemento, agregados, agua y aditivos; de tal manera que, se obtuvieron dos (2) diseños de mezcla, uno con el agregado fino convencional y otro con remplazo de el material como es el vidrio, lo cual permitió realizar comparaciones de propiedades mecánicas y físicas, que fueron indispensables, para determinar las mejorías en las propiedades de los materiales.

1.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo puede influir el vidrio molido como agregado fino en la propiedad mecánica de la resistencia a la compresión del concreto?

2. JUSTIFICACIÓN

A nivel nacional el sector de la construcción ha presentado un incremento considerable debido al desarrollo tecnológico y económico del país, por lo tanto, los impactos ambientales de este sector cada vez son más significativos, de acuerdo a esto, es necesario desarrollar metodologías que permitan que todos estos procesos sean acordes a un desarrollo sostenible.

Actualmente la gran cantidad de residuos generados como el vidrio se ha vuelto un problema medioambiental importante y que han estado en una búsqueda constante de minimizarlo, por consiguiente, este proyecto busca incentivar a diferentes industrias constructivas a la reutilización de este tipo de desecho y por lo tanto generar una vida útil después de su uso.

Esta investigación a pesar de que tiene antecedentes, aun no existen resultados realmente concluyentes, tal como lo dicho por Arango & Zapata (2013), las mezclas de concreto con adiciones de fibra de vidrio han sido usadas en el mundo occidental, pero en Colombia no se ha logrado aún un uso generalizado de este tipo de adición, de tal manera que mediante este proyecto se busca profundizar en el tema y determinar la viabilidad de esta alternativa en el municipio.

Finalmente se busca realizar ensayos con un diseño de mezcla con adición de vidrio molido en reemplazo del agregado fino convencional como es el caso de la arena, de tal manera que nos ayude a identificar su posibilidad de representar una mejora en la propiedad de resistencia a la compresión con respecto al uso convencional del agregado.



3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL:

Analizar la influencia del vidrio molido como agregado fino en la propiedad mecánica de la resistencia a la compresión del concreto.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Definir la dosificación de diseños de mezcla con vidrio molido y con un agregado fino convencional
- Realizar ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los dos diseños de mezcla desarrollados
- Comparar los resultados obtenidos de los ensayos para los diseños de mezcla

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

(Bazalar & Cadenillas, 2019). Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con $f'c=280$ kg/cm² en estructuras aporticadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental

- ***Justificación:*** dada la necesidad de incrementar la eficiencia en el consumo de materiales de construcción y de energía, resulta oportuno estudiar materiales para su reciclaje sobre todo como en el caso del concreto, que hoy por hoy, es el material más producido por año en el mundo y uno de los que causa mayor impacto ambiental.
- ***Síntesis metodológica:*** se evaluó mediante el análisis de las propiedades mecánicas y durabilidad de los tipos de mezclas realizados con el objetivo de obtener una proporción de sustitución óptima de AN por ACR para que las propiedades se encuentren dentro de los parámetros que indican las normas. Por otro lado, se realizó un modelo de una estructura aporticada para hacer una Evaluación de Impacto Ambiental mediante el uso de la metodología Life Cycle Assessment (LCA) en el programa Athena y, posteriormente, se comparó los resultados obtenidos en dicho programa
- ***Productos:*** mediante la metodología optada, los diseños planteados sirven como herramientas sostenibles mediante la cual, si su uso se magnifica y se logra establecer normas y leyes adecuadas que promuevan su uso, se lograría optimizar los materiales de construcción y disminuir la depredación de canteras mundialmente, que lo único que genera es el crecimiento de botaderos ilegales debido a la saturación de los disponibles en la ciudad de Lima.
- ***Criterios teóricos:*** el aporte se da por la comprobación realizada, que este concreto reciclado tiene propiedades mecánicas superiores a las de un concreto estándar y ayuda a la viabilidad del proyecto

(Jaimes & Torres, 2019). ***Aprovechamiento del GCR para la elaboración de adoquines ecológicos como alternativa a la industria constructiva***

- **Justificación:** Este proyecto se enfoca en evaluar que tan viable es incorporar estos residuos provenientes de las llantas como materiales para la elaboración de adoquines, y evaluar la viabilidad técnica para este propósito
- **Síntesis metodológica:** La tipología del estudio es experimental o cuasi experimental, se evidencia la evaluación de las propiedades mecánicas de las dosificaciones en estudio con las réplicas convencionales mediante ensayos de absorción, flexo-tracción y compresión
- **Productos:** Lo anterior expuesto permitió determinar que se puede brindar una alternativa diferente para el reciclaje ya que el GCR puede ser usado como posible sustituto de agregado fino, debido a que se obtuvieron adoquines ecológicos con 5, 7 y 9% sustitución de arena, que presentaron una absorción y resistencia a la flexión por encima de lo exigido por la norma técnica colombiana
- **Criterios teóricos:** Esta investigación aportó en el tipo de metodología en abordar, teniendo en cuenta que se da de igual manera un aprovechamiento de residuos en pro de un material de construcción.

(Arias, 2017). ***Propiedades físico – mecánicas del hormigón elaborado con áridos reciclados***

- **Justificación:** El propósito de la presente investigación, es evaluar la posibilidad técnica de incorporar residuos de construcción y demolición provenientes de estructuras de hormigón y mampostería como materias primas para la fabricación de hormigón.
- **Síntesis metodológica:** Para el presente desarrollo se toma como base una dosificación inicial con ciertas especificaciones y luego se irá variando en el porcentaje de sustitución en el agregado grueso natural por áridos gruesos procedentes de demoliciones teniendo así 7 diferentes dosificaciones las cuales servirán para llegar a esta comparación y se procederá a ir evaluando el

desempeño del hormigón reciclado en ensayos de laboratorio a flexión y compresión a diferentes edades (7 y 28 días).

- **Productos:** Los agregados reciclados de RC y RM poseen una menor adherencia al acero de refuerzo que los agregados naturales, debido a su difícil seleccionamiento y a su gran variedad de residuos dentro de su clase
- **Criterios teóricos:** el aporte realizado es a través de la observación de los resultados obtenidos, en los hormigones en donde se reemplazaron agregados naturales (AN) por 30% y 50% con agregados reciclados (AR), sus esfuerzos a los 7 días fueron muy altas en comparación al esfuerzo del hormigón convencional

(Cano & Cruz, 2017). **Análisis de mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo, a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón**

- **Justificación:** El desarrollo de la presente investigación tiene como objetivo general el análisis de mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo a fin de aumentar la resistencia a la compresión.
- **Síntesis metodológica:** se plantearon dos objetivos específicos, el primero el diseño de la mezcla ideal para la resistencia de concreto, incluyendo vidrio molido, tamizado y granular en su composición; el segundo la comparación de la resistencia última de la mezcla común con las mezclas con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular, para lo cual, el proyecto permitió la utilización de vidrio en tres presentaciones granulométricas como aditivo a la mezcla de concreto tradicional con fines de mejoramiento de sus características mecánicas como la resistencia a la compresión
- **Productos:** la adición de vidrio en diferentes porcentajes genera un leve aumento en el peso del concreto, lo que se entiende como un comportamiento normal por tratarse de un material adicional a la mezcla común
- **Criterios teóricos:** el aporte de esta investigación ayudo a determinar los diferentes porcentajes y tratamientos del vidrio al momento de ser añadidos en la mezcla del concreto, teniendo en cuenta los resultados que se desean obtener

(Bedoya & Dzul, 2015). ***El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana***

- **Justificación:** En Medellín se presentan dos aspectos que han dificultado la implementación de proyectos de construcción que empleen Concreto con Agregados Reciclados (CAR): el bajo costo de los agregados naturales para concreto como también de la disposición controlada de RCD. A estos dos aspectos citados se suma el desconocimiento de determinadas características que son atinentes al desempeño físico-mecánico del concreto.
- **Síntesis metodológica:** Este artículo aborda la confección de un concreto usando agregados reciclados obtenidos de la valorización de escombros de concreto y mampostería. Se muestran aspectos como resistencia al esfuerzo de la compresión a 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días; porosidad, velocidad de pulso ultrasónico y carbonatación; costo económico en comparación con un concreto convencional; y una reseña de las políticas públicas de Construcción Sostenible y aprovechamiento de escombros formuladas en Medellín, Colombia.
- **Productos:** se confirma que los agregados obtenidos del reciclaje de escombros, aunque presentan diferencias en algunas de sus características, pueden ser susceptibles de emplearse como materias primas en un nuevo material para la construcción como el concreto, pues no todas las mezclas se requieren para uso estructural. Sin embargo, es factible confeccionar concretos de uso estructural si se observa que la mezcla con sustituciones del 25 % se mantiene prácticamente igual en su desempeño -resistencia, porosidad y costos- con respecto a la mezcla de referencia.
- **Criterios teóricos:** Uno de los aportes de esta investigación es la correlación que se hace entre el análisis del desempeño de un material reciclado, su factibilidad económica y las posibilidades de ser producido a escala urbana con el aval de la legislación.

4.2. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentará la información respectiva para comprender los distintos aspectos teóricos que fundamentan la investigación.

4.2.1. CONCRETO

El concreto es el material más utilizado en la construcción por sus propiedades mecánicas a largo plazo y por los acabados que se pueden lograr cuando las prácticas de colocación son eficientes. La producción de los agregados naturales se hace, por lo general, mediante la explotación o mediante la extracción mecánica o manual de estos materiales pétreos; actividades que generan un gran impacto en el ambiente por el desgaste del recurso suelo y por la alteración del paisaje y de la calidad del aire y agua, en algunos casos (Serrano & Perez, 2011).

El concreto es un material compuesto que consiste en un medio de enlace dentro del cual se embeben partículas o fragmentos de agregado. Para ello se utiliza un cemento hidráulico, agua, triturado y Arena (ASTM, 1994) y en ocasiones aditivos que le confieren propiedades especiales a la mezcla (Serrano & Perez, 2011).

El cemento es un material formado por minerales calcáreos como la piedra caliza y materiales arcillosos con contenido de alúmina y sílice. La producción de cemento se realiza en plantas cementeras provistas de hornos y en donde se establecen controles de calidad para garantizar un producto final acorde con las especificaciones técnicas (Serrano & Perez, 2011).

El agua, utilizada para mezclado, normalmente pudiera ser apta para consumo humano, siendo requerido un control en cuanto a sedimentos, cloruros y sulfatos, entre otras características químicas. En relación con los agregados, éstos pueden provenir de diferentes fuentes (canteras, fuentes superficiales) y ser obtenidos por diferentes mecanismos de explotación (extracción mecánica, voladura); la proporción de agregados oscila entre setenta a ochenta por ciento de la mezcla que se prepare (ASTM, 1994). La

forma, textura y angularidad entre otras características del material pétreo tienen especial efecto en la resistencia y durabilidad del concreto (Serrano & Perez, 2011).

4.2.2. TIPOS DE CONCRETO

4.2.2.1. Concreto simple

Es una mezcla del cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino, deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar cubierto por la misma pasta (Guerson, 2017).

Cemento + A. grueso + A. fino + agua = Concreto simple

4.2.2.2. Concreto armado

Es cuando el agregado simple lleva armadura de acero como refuerzo, actuando la armadura para poder soportar esfuerzos de tracción (Guerson, 2017).

Concreto simple + armadura = Concreto armado

4.2.2.3. Concreto estructural

Se denomina así al concreto simple, cuando éste es dosificado, mezclado, transportado y colocado de acuerdo a especificaciones precisas, que garanticen una resistencia mínima preestablecida y una durabilidad adecuada (Guerson, 2017).

4.2.3. COMPONENTES DEL CONCRETO CONVENCIONAL

4.2.3.1. Cemento

Es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Se excluyen las cales hidráulicas, cales aéreas y yesos (Rivera, 2011).

4.2.3.2. Cemento Portland

Producto que se obtiene por la pulverización del Clinker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el Clinker (Rivera, 2011).

El Clinker es un producto constituido por silicatos cálcicos, es decir, a base de calcio al igual que el yeso, el cual se obtiene al someter a altas temperaturas una mezcla de óxidos de calcio, silicio, aluminio y fierro (Guerson, 2017).

4.2.3.3. Composición del cemento portland

Luego del proceso de formación del Clinker y molienda final, se obtiene los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado y que detallaremos con su fórmula química, abreviatura y nombre corriente (Guerson, 2017):

- **SILICATO TRICALCICO:** Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.
- **SILICATO DICALCICO:** Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.
- **ALUMINATO TRICALCICO:** Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo. Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.
- **ALUMINO-FERRITO TETRACALCICO:** Tiene trascendencia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

- **OXIDO DE MAGNESIO:** Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores del 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.
- **ÓXIDOS DE POTASIO Y SODIO:** Tienen importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos.
- **ÓXIDOS DE MAGNESIO Y TITANIO:** El primero no tiene significado especial en las propiedades del cemento salvo en su coloración, que tiende a ser marrón si se tiene contenidos mayores del 3%. Se ha observado que en casos donde los contenidos superan el 5% se obtiene disminución de resistencia a largo plazo.

4.2.4. TIPOS DE AGREGADOS

Los agregados también llamados áridos, son un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites estipulados en la Norma Técnica Colombiana NTC174. Los agregados pueden constituir hasta las tres cuartas partes en volumen de una mezcla de concreto (Cano & Cruz, 2017).

Los concretos que tengan agregados angulosos o rugosos son generalmente más resistentes que otros de igual relación agua / cemento que tengan agregados redondeados o lisos; sin embargo, para igual contenido de cemento, los primeros exigen más agua para no variar la manejabilidad y por lo tanto el efecto en la resistencia no varía apreciablemente. Sin embargo, como es lógico la calidad del agregado afecta el desarrollo de resistencia (Rivera, 2011).

4.2.4.1. Agregado Fino

El agregado fino debe estar compuesto de arena natural, arena triturada o una mezcla de esta, que pasa por el tamiz N° 4 (4.75 mm) y queda retenido en el tamiz N° 200 que cumple con los límites establecidos en la NTC 174.

Los agregados finos deben estar compuestos de partículas limpias de perfil angular duras, libres de materia orgánica y otras sustancias dañinas; lo cual es determinado mediante los ensayos estipulados en la norma ASTM C40, así mismo debe estar graduado dentro de los límites dados en la norma NTC 174 (Cano & Cruz, 2017).

4.2.4.2. Agregado Grueso

El agregado grueso debe estar compuesto de grava, grava triturada, roca triturada, o escoria de alto horno enfriada al aire o una combinación de ellos, material que es retenido en el tamiz 4.75 mm (Nº 4), conforme a los requisitos de la NTC 174. Debe estar conformado por partículas limpias, de perfil preferiblemente angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferiblemente rugosa, además deben ser partículas químicamente estables y libres de escamas, tierra, polvo, limo, materia orgánica, entre otras sustancias dañinas (Cano & Cruz, 2017).

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- ✓ Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta por metro cúbico.
- ✓ Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- ✓ Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados finos son comúnmente identificados por un número denominado Módulo de finura, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el concreto está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla (Cano & Cruz, 2017).

Pero hay un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la trabajabilidad del concreto. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva la mezcla se volverá difícil de trabajar y habrá una tendencia de los agregados gruesos a separarse del mortero (segregación). Llegado este caso se suele decir que el concreto es "áspero", "pedregoso" y "poco dócil" (Cano & Cruz, 2017).

Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclados y endurecidos, en las proporciones de la mezcla, y en la economía (Cano & Cruz, 2017).

En el concreto fresco, es decir recién elaborado y hasta que comience su fraguado, la mezcla con cemento tiene la función de lubricar las partículas del agregado, permitiendo la movilidad de la mezcla. En este aspecto también interviene favorablemente el agregado fino (arena). La arena debe estar presente en una cantidad mínima que permita una buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla. Pero no debe estar en exceso porque perjudicará la resistencia. Se debe optimizar la proporción de cada material de forma tal que se logren las propiedades mecánicas deseadas al mismo costo (Cano & Cruz, 2017).

Los agregados deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben ser partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia la mezcla del cemento (Cano & Cruz, 2017).

4.2.5. ADITIVOS

En Colombia los aditivos para ser utilizados en el concreto se rigen por la Norma Técnica Colombiana NTC 1299 – Concretos. Aditivos Químicos para Concreto. Estos materiales son ingredientes del concreto, que son adicionados a la mezcla de concreto como los otros materiales antes o durante del proceso de preparación, se clasifican en: (INCONTEC, 2008)



- **Plastificante:** Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una determinada consistencia del concreto.
- **Retardante:** Demora el tiempo de fraguado del concreto.
- **Acelerante:** Acelera tanto el fraguado como la ganancia de resistencia a edad temprana del concreto.
- **Plastificante Retardante:** Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla con determinada consistencia y retardar su fraguado.
- **Plastificante Acelerante:** Permite disminuir la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla con determinada consistencia y acelerar tanto el fraguado como la resistencia a edad temprana.
- **Súper-Plastificante:** Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto.
- **Súper-Plastificante Retardante:** Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto y además retardar su fraguado.
- **Súper-Plastificante Acelerante:** Permite la reducción del agua de mezcla en más de un 12% para obtener determinada consistencia en el concreto y acelerar tanto el fraguado como la resistencia a edad temprana.

4.2.6. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

Aunque se han realizado gran cantidad de trabajos relacionados con los aspectos teóricos del diseño de mezclas, en buena parte permanece como un procedimiento empírico. La mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad determinada, así como la manejabilidad apropiada para un tiempo determinado, además se debe diseñar para unas propiedades que el concreto debe cumplir cuando una estructura se coloca en servicio. Una mezcla se debe diseñar tanto para estado fresco como para estado endurecido. Debemos tener en cuenta una selección de materiales principales como (cemento, agua, agregados y aditivos) y así tener una determinación de proporciones

miento ideal para producir un diseño tan económico sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada (Ramirez & Portela, 2018).

4.2.7. CARACTERÍSTICAS Y CONSIDERACIONES BÁSICAS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.

4.2.7.1. *Trabajabilidad*

Claramente un concreto apropiadamente diseñado debe permitir ser colocado y compactado apropiadamente con el equipamiento disponible. El acabado que permite el concreto debe ser el requerido y la segregación y sangrado deben ser minimizados (Niño, 2011).

La cantidad de agua requerida por trabajabilidad dependerá principalmente de las características de los agregados en lugar de las características del cemento. Cuando la trabajabilidad debe ser mejorada, el rediseño de la mezcla debe consistir en incrementar la cantidad de mortero en lugar de incrementar simplemente el agua y los finos (cemento). Debido a esto es esencial una cooperación entre el diseñador y el constructor para asegurar una buena mezcla de concreto. En algunos casos una menos mezcla económica podría ser la mejor solución. Y se deben prestar oídos sordos al frecuente pedido, en obra, de “más agua” (Ramirez & Portela, 2018).

4.2.7.2. *Manejabilidad*

Es importante que el concreto se diseñe con la manejabilidad adecuada para la colocación, esta depende principalmente de las propiedades y características de los agregados y la calidad del cemento. Cuando se necesita mejorar las propiedades de manejabilidad, se puede pensar en incrementar la cantidad de mortero. Una adición de agua en la obra es la peor solución para mejorar la manejabilidad del concreto, es totalmente contraproducente para la calidad del producto (Ramirez & Portela, 2018).

4.2.7.3. Resistencia y Durabilidad

Las especificaciones también podrían requerir que el concreto cumpla ciertos requisitos de durabilidad, tales como resistencia al congelamiento y deshielo o ataque químico. Esta consideración podría requerir el uso de aditivos. Finalmente debe ser recordado que incluso la mezcla perfecta no producirá un concreto apropiado si no se llevan a cabo procedimientos apropiados de colocación, acabado y curado. Debemos de tener en cuentas los siguientes aspectos para obtener un diseño de mezcla (Ramirez & Portela, 2018).

- Análisis granulométrico de los agregados
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso)
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)
- Perfil y textura de los agregados
- Tipo y marca del cemento
- Peso específico del cemento
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

4.2.8. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Para una mezcla de concreto es indispensable determinar su resistencia a la compresión, y así tener claridad para sus posibles aplicaciones y llegar a la conclusión si es factible o no su uso dentro de algunas obras.

La resistencia de un concreto, normalmente aumenta con la edad. Dicho aumento se produce muy rápidamente durante los primeros días posteriores a su colocación, resultando más gradual al transcurrir el tiempo, aún continuará incrementándose en una proporción más reducida durante un período de tiempo indefinido. La resistencia a

compresión de un concreto a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curado en forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad del mismo. El mejor método para obtener un criterio sobre calidad, debido a la dispersión de los resultados, es el derivado de consideraciones estadísticas (Rivera, 2011).

Para determinar la resistencia última a la compresión del concreto es necesario graficar el diagrama de esfuerzo-deformación unitario que es obtenido a partir de la realización del ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto los cuáles están establecidos en las normas NTC 550 y 673.

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto a la carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a una edad de 28 días se le designa con el símbolo $f'c$. Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas especímenes cilíndricos de concreto que miden 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura. La resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental, y es frecuentemente empleada en los cálculos para diseño de estructuras. El concreto de uso generalizado tiene una resistencia a la compresión entre 210 y 350 kg/cm². Un concreto de alta resistencia tiene una resistencia a la compresión de al menos 420 kg/cm². Resistencia de 1,400 kg/cm² se ha llegado a utilizar en aplicaciones de construcción (Gutierrez, Marin, & Viveros, 2016).

4.2.9. PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO

La resistencia a compresión del concreto varía según los siguientes parámetros: (Gutierrez, Muñoz, & Castaño, 2015).

- ✓ **La relación agua-cemento (a/c):** Tiene influencia sobre la resistencia, la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida. La relación agua / cemento crece cuando aumenta la cantidad de agua y decrece cuando aumenta el contenido



de cemento. En todos los casos, cuanto más baja es la relación agua / cemento tanto más favorable son las propiedades de la pasta de cemento endurecida.

- ✓ **Tamaño máximo del agregado:** El tamaño del agregado a elegir para el diseño de una mezcla de concreto se basará en el tamaño y forma del elemento de concreto
- ✓ **Condiciones de humedad durante el curado:** El curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste pueda desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado comienza inmediatamente después del vaciado y el acabado, de manera que el concreto pueda desarrollar la resistencia y la durabilidad deseada. Sin un adecuado suministro de humedad, los materiales cementantes en el concreto, no pueden reaccionar para formar un producto de calidad
- ✓ **Edad del concreto:** El tiempo de curado del concreto es fundamental para garantizar que se eviten problemas en la resistencia proyectada del concreto, el tiempo óptimo está considerado en 28 días (Gutierrez, Muñoz, & Castaño, 2015).
- ✓ **Cantidad aditivo:** El porcentaje de aditivo a agregar a la mezcla será relativo.

4.2.10. VIDRIO

El vidrio es un material cuyo componente mayor es la sílice proveniente de arena, pedernal o cuarzo de apariencia dura, frágil y generalmente transparente, aunque se comporta como un sólido, es un fluido de muy alta viscosidad. Está compuesto por una mezcla de óxidos metálicos, siendo su componente principal el óxido de sílice, conocido como silicio (SiO_4). Si bien a simple vista pareciera ser muy similar a un cristal, la diferencia con éste radica en el ordenamiento que tienen las moléculas que lo componen, donde los enlaces Si-O están distribuidos de manera irregular, sin un patrón determinado, siendo por definición, un material amorfo (Cano & Cruz, 2017).

4.2.10.1. Tipos de vidrio

Entre los vidrios que más se utilizan y son desechados en los vertederos de basura generando contaminación al medio ambiente tenemos los siguientes mencionados a continuación: (Guerson, 2017)

VIDRIOS SÓDICOS (SILICATOS DE SODIO Y CALCIO): Es el vidrio que se emplea para elaborar vidrios planos, botellas, frascos y otros objetos similares. Tienen casi siempre un ligero color verde debido al hierro de las materias primas. Resisten a la acción disolvente del agua y los ácidos y tienen poco brillo (Guerson, 2017).

También conocida como vidrio sódico Cálculo donde sus elementos más representativos que le otorgan características elementales son; la sílice que es parte de la materia prima básica, el sodio le da cierta facilidad de fusión y el calcio la provee de estabilidad química: sílice – sodio – calcio. Se emplea para elaborar, vidrios planos botellas, frascos tienen un color verde debido al hierro de las materias primas, tienen poco vidrio (Guerson, 2017).

Tabla 1: Componentes químicos del Vidrio Sódico

COMPOSICIÓN	
Sílice	70% - 75%
Sodio	12% - 18%
Potasio	0% - 1%
Calcio	5% - 14%
Aluminio	0.5% - 3%
Magnesio	0% - 4%

Fuente: (Guerson, 2017)

VIDRIOS POTÁSICOS (SILICATO DE POTASIO Y CALCIO)

En este caso, se reemplaza en el vidrio anterior, el sodio por el potasio. Son más duros que los anteriores, muy brillantes, resisten mejor las variaciones de temperatura y son muy resistentes a la acción del agua y de los ácidos. (Guerson, 2017)

VIDRIOS PLÚMBICOS (SILICATO DE POTASIO Y PLOMO)

En este caso se ha reemplazado del anterior el calcio por el plomo. Tienen peso específico elevado y poseen notable esplendor, son muy transparentes, sonoros y refractan muy bien la luz. Dentro de estos vidrios se encuentra el cristal, el flintglass empleado en óptica y el strass que sirve para elaborar piedras preciosas artificiales.

4.2.11. REUTILIZACIÓN DE VIDRIO EN MEZCLAS DE CONCRETO

El vidrio tiene su propio ciclo natural. Existen dos ciclos principales: el rehúso (retorno y envasado, luego de limpieza bajo rigurosas condiciones) y el reciclado (para volver a fundir y fabricar los mismos artículos u otros). En ambos ciclos no hay restricciones y la recuperación del material es completa. Asimismo, el vidrio puede ser reciclado sin ningún límite ni restricción, e idealmente puede ser reciclado en un 100%, los minerales usados como materias primas para su fabricación como arena, piedra caliza, feldespato y otros, se convierten en materiales renovables. Este es un caso único en el campo de los materiales y significa que los desechos y fragmentos de vidrio son materias primas de origen mineral esenciales para la fabricación del vidrio (Guerson, 2017).

Actualmente millones de toneladas son recicladas mensualmente en todo el mundo y el porcentaje de vidrio reciclado en la carga del horno está usualmente por encima del 50% (Guerson, 2017).

La reutilización, frente al reciclaje, desde un punto de vista ambiental, tiene más ventajas, debido al ahorro de energía que supone utilizar más veces un mismo envase para luego reciclarlo, que darle un solo uso. Los envases de vidrio se pueden reutilizar, siguiendo un circuito distinto al de los envases de un solo uso. Los envases de vidrio pueden ser reciclados indefinidamente para conseguir nuevos recipientes con las mismas características del original. Un envase retornable se devuelve al envasador, el cual lo higieniza y lo rellena de nuevo. Este ciclo puede repetirse hasta 20 o 30 veces, en función del contenido y de la resistencia del vidrio (Cano & Cruz, 2017).

En el proceso de fabricación del vidrio se utiliza más cantidad de material del necesario, para dotarles de mayor resistencia y poder hacer más rotaciones, antes de que finalice su ciclo de vida y puedan ser reciclados. En la industria vidriera también se generan desperdicios de vidrio que resultan en forma de polvo después de un proceso de lavado incluido en la etapa de producción, el cual es desechado y se puede convertir en un proveedor importante para su utilización en mezclas de concreto (Cano & Cruz, 2017).

El vidrio reciclado requiere 26% menos de energía que su fabricación desde cero y reduce en un 20% las emisiones a la atmósfera de la fabricación, contaminando un 40% menos de agua que la fabricación de vidrio a partir de arena, cal y sosa (Guerson, 2017).

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Agregado: El agregado es otro componente procedente de origen natural: consta de fragmentos o granos pétreos que provienen de rocas (Arango & Zapata, 2013)

Cemento: El cemento es un material que se obtiene a partir de materias primas que son abundantes en la naturaleza, tales como la piedra caliza, arenas silíceas, esquistos y mineral de hierro, entre otros (Arango & Zapata, 2013)

Consistencia: La definen como la mayor o menor facilidad que tiene el concreto fresco para deformarse por acción de su propio peso (Paredes, 2019).

Concreto: El concreto básicamente es una mezcla de pasta y agregados, donde la pasta se compone de cemento y agua, encargándose por medio de una reacción química, de aglutinar los agregados que son arena y grava (Arango & Zapata, 2013).

Curado: Es utilizado para evitar que se evapore el agua de la mezcla, ya que sin agua esto podría producir grietas de retracción debido a la pérdida de agua y alteraciones en la relación agua-cemento de la mezcla, lo recomendable para obtener buenos resultados es tener un buen curado durante los 7 primeros días (Ochoa, 2018).

Dosificación de mezclas de concreto: Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica del agregado fino, agregado grueso, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiriera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que se habrá de emplear (Cano & Cruz, 2017)

Ensayo de consistencia del concreto: El ensayo de consistencia, llamado también de revenimiento o "slump test", es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco (Paredes, 2019).

Impermeabilidad: Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla (Paredes, 2019)

Probeta: Modelo o muestra de un diseño de mezcla determinado (testigo o prueba cilíndrica de concreto) (Ochoa, 2018)

Reciclaje: Es un proceso donde las materias primas que componen los materiales que usamos en la vida diaria como el papel, aluminio, vidrio, plástico, etc., una vez terminados su ciclo de vida útil, se transforman de nuevo en nuevos materiales (Ochoa, 2018)

Segregación: La define como la tendencia de separación de las partículas gruesas de la fase mortero del concreto y la colección de esas partículas deficientes en el perímetro del concreto colocado, esto por su falta de posesividad, con lo cual su distribución y comportamiento deja de ser uniforme y homogéneo (Paredes, 2019)

Tamiz: Es una malla metálica constituida por barras tejidas y que dejan un espacio, entre sí por donde se hace pasar el material previamente triturado (Ochoa, 2018)

Trabajabilidad: Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto (Paredes, 2019).

4.4. MARCO CONTEXTUAL

Valledupar es la capital del departamento del Cesar, Colombia. Está ubicada al nororiente de la Costa Caribe colombiana, a orillas del río Guatapurí, en el valle del río Cesar formado por la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá, Valledupar está ubicada al norte del Valle del Cesar, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá, al margen de los ríos Cesar y Guatapurí, en la Costa Caribe colombiana. (Alcaldía de Valledupar, 2020)



Ilustración 1: Ubicación Geográfica de Valledupar-Cesar

Fuente: (Google Maps, 2020)

La ciudad es un importante centro para la producción agrícola, agroindustrial y ganadera en la región comprendida entre el norte del departamento del Cesar y el sur del departamento de La Guajira. También es uno de los principales epicentros musicales, culturales y folclóricos de Colombia por ser la cuna del vallenato, género musical de mayor popularidad en el país y actualmente símbolo de la música colombiana. Anualmente atrae a miles de visitantes de Colombia y del exterior durante el Festival de la Leyenda Vallenata, máximo evento del vallenato. (Alcaldía de Valledupar, 2020)

Su territorio es llano y basculado hacia el sureste mediante una leve pendiente. La ciudad se encuentra a una altitud que oscila entre los 220 m al norte y 150 m a sur, siendo la altitud media de 168 m. Además de las enormes estructuras montañosas que la rodean (Pico Bolívar 5.775 m) sobresalen en inmediaciones de la ciudad dos cerros, al nororiente el "Cicolac" con 330 m.s.n.m. y el de "la Popa" con 310 m.s.n.m (Alcaldía de Valledupar, 2020)

4.5. MARCO LEGAL

En base a la pirámide de Hans Kelsen se establece la normatividad colombiana relacionada para la presente investigación, Ver la siguiente tabla 2.

Tabla 2: Normatividad vigente.

Norma	Descripción
Constitución Política de la Republica de Colombia 1991	Las autoridades de la República están instituidas para proteger a todas las personas residentes en Colombia, en su vida, honra, bienes, creencias, y demás derechos y libertades, y para asegurar el cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares.
Leyes	
Ley 400 de 1997	"Facultase al Gobierno Nacional para que, previo el visto favorable de la Comisión Permanente creada a través de la presente Ley, y por medio de Decretos Reglamentario\$, proceda a efectuar las actualizaciones en los aspectos técnicos y científicos que demande el desarrollo de la presente Ley y sus reglamentos, y que resulten pertinentes para los propósitos en ella indicados y al alcance de la misma"
Decretos	
Decreto 940 de 2017	"Por el cual se modifica parcialmente el Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10
Normas Técnicas	
NSR-10	es una norma técnica colombiana encargada de reglamentar las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable
NTC-673	Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos

NTC 77	Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos
NTC 121	Esta norma establece los requisitos físicos y mecánicos que deben cumplir los siguientes tipos de cemento Portland: 1,1 M,2.3,4 y 5
NTC 129	Esta norma abarca la toma de muestras de agregados finos y gruesos para los siguientes propósitos: La investigación preliminar de la fuente potencial de suministros El control del producto de la fuente de suministro, El control de las operaciones en el sitio de construcción, La aceptación o el rechazo de los materiales.

Fuente: (Autor, 2021).



5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

LINEA DE INVESTIGACION

Sostenibilidad y Gestión Ambiental.

SUBLINEA DE INVESTIGACION

Tratamiento de residuos sólidos y líquidos

El tipo de investigación de este proyecto es *Experimental* definido como “*Es la que obtiene su información de la actividad intencional realizada por el investigador y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno mismo que se indaga, y así poder observarlo*” (Soto, 2011), puesto que se realizaron pruebas para determinar el comportamiento del concreto, con el reemplazo de un agregado, a través, de la reutilización de vidrio, que permitió realizar un análisis y descripción de los resultados obtenidos.

En el desarrollo de esta investigación, en la primera fase se desarrolló la identificación de las dosificaciones de los diseños de mezclas evaluados, uno con los agregados convencionales y otro con el uso del vidrio molido, posteriormente se realizaron los diseños correspondientes, en la segunda fase se elaboraron las pruebas mecánicas y físicas a los diseños y finalmente en la última etapa se identificaron los cambios existentes, para las diferentes características de las muestras, que permitió identificar, si este tipo de agregados ayuda en la mejoría de la resistencia a la compresión del concreto.

5.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población y muestra de estudio está determinada por medio de la cantidad de probetas cilíndricas de concreto utilizadas, teniendo en cuenta una duración de curado de 7,14, y 28 días, para cada tiempo se realizaron 2 probetas dando un total de 6 probetas para toda la investigación.

5.3. DESARROLLO METODOLÓGICO.

5.3.1. Etapa 1: Definir la dosificación de diseños de mezcla con vidrio molido y con un agregado fino convencional

Actividad 1.1. Revisión Bibliográfica

En la primera actividad del proyecto se realizó una recopilación de información relacionada con el análisis de diseño de mezcla con diferentes tipos de agregados, en especial los provenientes de residuos, mediante artículos científicos, repositorios, libros, sitios web, entre otros; que permitieron tener los conocimientos necesarios para los diferentes análisis a lo largo del proyecto

Actividad 1.2. Selección del vidrio reciclado como agregado

Posteriormente al análisis y recolección de información se procedió a:

- Seleccionar y recolectar, en este caso botellas de vidrio en diferentes puntos de la ciudad, tales como Tiendas, restaurantes, cafeterías, entre otros, donde este material es desechado.
- Limpieza con agua caliente y detergente de cada una de las botellas recolectadas, donde también se pudiera retirar cualquier etiqueta en la misma.
- Se dejaron secar para que ningún tipo de residuo influya en los procesos siguientes.
- Primera trituración, las botellas ya listas mediante equipos caseros, como martillos se realizó una trituración preliminar de partículas grandes
- Segunda trituración, con el uso de un equipo de trituración se realizó una molienda que permitió la disminución de las partículas de vidrio, siendo estas mucho más finas.
- Finalmente, para asegurar que se obtuvieran partículas como las requeridas, se utilizó una malla #200, de tal manera que, posterior a esto se realizó un análisis granulométrico.

Actividad 1.3. Análisis Granulométrico

En la tercera actividad de la investigación se realizaron los ensayos de granulometría para los agregados utilizados, estos ensayos fueron aplicados, de acuerdo a lo dicho por la norma I.N.V.E.-213-07, *“sirven para determinar la granulometría de los materiales propuestos que serán utilizados como agregados, los resultados se emplean para determinar el cumplimiento de los requerimientos de las especificaciones que son aplicables y para suministrar los datos necesarios para la producción de diferentes agregados y mezclas que contengan agregados”*

El procedimiento a desarrollado fue el siguiente:

- Secado de la muestra, se realizó esto mediante un horno u hornilla hasta eliminar cualquier rastro de humedad de los agregados.
- Cuarteado, posteriormente se distribuyó la muestra en una superficie plana que permitió realizar el cuarteo y tomar una muestra representativa del agregado.
- Se seleccionaron los tamices para los agregados, de acuerdo a las especificaciones técnicas exigidas.
- Se encajaron los tamices en orden decreciente, de acuerdo al tamaño de la abertura.
- Al hacer el proceso de pasar los agregados finos y grueso por estos, se realizó un pesaje de la cantidad retenida en cada tamiz.
- Finalmente se hizo el análisis correspondiente de acuerdo a la norma ASTM 33

Cabe resaltar que, este proceso se realizó para los dos diseños de mezcla, el primero fue el blanco, utilizando agregados como grava y arena, posteriormente el segundo diseño con grava y vidrio molido como agregados obtenidos en la actividad anterior.

Actividad 1.4. Diseño de mezcla por el método ACI

Finalmente, en la primera etapa del proyecto mediante el método ACI, el cual es un *“método de dosificación para el diseño de mezclas de hormigón; se basa en medir los*

materiales (cemento, agua, grava y arena) en peso y volumen, y se diseña tanto para una mezcla en estado fresco como endurecido” (Hernandez, 2014).

Todo esto teniendo en cuenta la legislación vigente colombiana como la ASTM 33(agregados) y la A.C.I 211.1.

- 1. Selección de asentamiento:** en el desarrollo de las estimaciones de la cantidad de materiales para 1m³ de la mezcla, primeramente, se seleccionó el asentamiento, de acuerdo al tipo de obra, en este caso de acuerdo a las especificaciones de la investigación, teniendo en cuenta los valores de tabla 3.

Tabla 3: Valores de asentamiento recomendados por clase de construcción

ASENTAMIENTO (CM)	CONSISTENCIA (TIPO DE CONCRETO)	GRADO DE TRABAJABILIDAD	TIPO DE ESTRUCTURA Y CONDICIONES DE COLOCACIÓN
0-2,0	MUY SECA	MUY PEQUEÑO	Vigas o pilotes de alta resistencia con vibraciones de formaletas
2,0-3,5	SECA	PEQUEÑO	Pavimentos vibrados con máquina mecánica
3,5-5,0	SEMI-SECA	PEQUEÑO	Construcciones en masas voluminosas. Losas medianamente reforzadas con vibración. Fundaciones en concreto simple. Pavimentos con vibradores normales
5,0-10,0	MEDIA	MEDIO	Losas medianamente reforzadas y pavimentos, compactados a mano. Columnas, vigas, fundaciones y muros, con vibración
10,0-15,0	HUMEDA	ALTO	Secciones con mucho refuerzo. Trabajos donde la colocación sea difícil. Revestimiento de túneles. No recomendable para compactarlo con demasiada vibración

Fuente: (Niño, 2011).

- 2. Elección del tamaño máximo nominal (TMN):** Teniendo en cuenta lo especificado por ACI, se debe cuidar la economía de los agregados y mantener una compactación adecuada de los agregados, de tal manera que se eviten vacíos en la mezcla y teniendo en cuenta la NSR 10.

- 1/5 Menor dimensión de la sección estructural.

- 1/3 Espesor de las losas.
- 3/4 Espaciamiento libre entre las barras de refuerzo, haces de varillas o cables pretensados.

Tabla 4: Valores recomendados de TMN según el tipo de construcción

DIMENSIÓN MÍNIMA DEL ELEMENTO (cm)	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL EN MM (PULGADAS)			
	MUROS REFORZADOS, VIGAS Y COLUMNAS	MUROS SIN REFUERZO	LOSAS MUY REFORZADAS	LOSAS SIN REFUERZO O POCO REFORZADAS
6-15	12(1/2") - 19(3/4")	19(3/4")	19(3/4") - 25(1")	19(3/4") - 38(1 1/2")
19-29	19(3/4") - 38(1 1/2")	38(1 1/2")	38(1 1/2") - 76(3")	
30-74	38(1 1/2") - 76(3")	76(3")	38(1 1/2") - 76(3")	76(3")
75 O MAS	38(1 1/2") - 76(3")	152(6")	38(1 1/2") - 76(3")	76(3") - 152(6")

Fuente: (Niño, 2011)

3. **Contenido de aire:** de acuerdo a la tabla 5 se estimó la cantidad de aire de acuerdo a la granulometría obtenida en la actividad anterior, teniendo en cuenta, que en el proceso de mezclado ingresa aire a la muestra.

Tabla 5: Valores recomendados para el contenido de aire en el concreto para varios grados de exposición

AGREGADO GRUESO		PORCENTAJE PROMEDIO APROXIMADO DE AIRE ATRAPADO	PORCENTAJE PROMEDIO TOTAL DE AIRE RECOMENDADO PARA LOS SIGUIENTES GRADOS DE EXPOSICIÓN		
PULGADAS	mm		SUAVE	MEDIANO	SEVERO
3/8	9,51	3,0	4,5	6,0	7,5
1/2	12,50	2,5	4,0	5,5	7,0
3/4	19,10	2,0	3,5	5,0	6,0
1	25,40	1,5	3,0	4,5	6,0
1 1/2	38,10	1,0	2,5	4,5	5,5
2	50,8	0,5	2,0	4,0	5,0
3	76,1	0,3	1,5	3,5	4,5
6	152,4	0,2	1,0	3,0	4,0

Fuente: (Niño, 2011)

4. **Cantidad de agua:** en la tabla 6 se muestra la cantidad de agua de acuerdo a los asentamientos trabajados, teniendo en cuenta la importancia de la fluidez que podía tener la mezcla.

Tabla 6: Requerimientos aproximados de agua de mezclado para diferentes Asentamiento y Tamaños Máximos Nominales

Asentamiento (cm)	Agua de Mezclado (kg/m^3) para el Concreto según el Tamaño Máximo Nominal del Agregado (mm)							
	9.5	12.5	19.0	25.0	38.0	50.0	75	150
CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO								
2.5 – 5.0	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 – 10.0	228	216	205	193	181	169	145	124
15.0 – 17.5	243	228	216	202	190	178	160	---
CONCRETO CON AIRE INCLUIDO								
2.5 – 5.0	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 – 10.0	202	193	184	175	165	157	133	119
15.0 – 17.5	216	205	197	174	174	166	154	---

Fuente: ACI 2.1.1.

5. **Determinación de la resistencia de diseño:** En la tabla 7 están los criterios del método ACI, que permitio hallar la resistencia de diseño o la promedio requerida en la mezcla, cuando no hay datos disponibles para establecer la desviación estándar.

Tabla 7: Resistencia promedio a la compresión requerida f'_{cr} .

Resistencia a Compresión f'_c	Resistencia a Compresión Requerida f'_{cr}
$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 85 \text{ kg/cm}^2$
$f'_c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = 1.10f'_c + 50 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: ACI 2.1.1.

6. **Relación agua cemento (a/c):** De acuerdo al procedimiento anterior de la resistencia de diseño se escogerá una a/c que influye en la durabilidad y especificaciones diseño.

Tabla 8: Relación entre la resistencia a la compresión y la relación A/C.

Resistencia a la Compresión a los 28 Días (kg/cm^2)	Relación Agua-Cemento (a/c) por Peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	---
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: ACI 2.1.1.

7. **Contenido de cemento:** para hallar la cantidad de cemento se utiliza la ecuación 1 dada en el método ACI que relaciona la cantidad de agua (a) y la relación agua-cemento (a/c) hallado en pasos anteriores.

Ecuación 1: Cálculo del contenido de cemento

$$C = \frac{a}{a/c}$$

8. **Estimación de las proporciones:** el método ACI finalmente busca hallar la cantidad de los diferentes materiales del diseño de mezcla, teniendo en cuenta las especificaciones de los agregados de la normatividad vigente (ASTM 33).

Primeramente, se hallará el peso del agregado grueso por m³, primero se seleccionó el volumen seco del agregado (*b/b_o*) tomado de la tabla 9, teniendo en cuenta los datos obtenidos en los procesos anteriores.

Tabla 9: Volumen compactado y seco de agregado grueso, por unidad de volumen de concreto (*b/b_o*) para diferentes módulos de finura de arena.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado		Módulo de Finura de la Arena			
mm.	Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
19	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
38	1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
75	3"	0.82	0.80	0.78	0.76
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 2.1.1.

Seguidamente, se halló el volumen de las partículas del agregado grueso por el metro cubico de la mezcla, donde se divide la Masa Unitaria Compacta (MUC) y la densidad aparente de la grava (*dg*); luego se calculó la Ecuación 2, en base a los resultados.

Ecuación 2: Volumen de las partículas de agregado grueso por m³

$$b_o = \frac{MUC}{dg}$$

Entonces retomamos el volumen seco del agregado (b/b_0) mostrado en la ecuación 3 y se multiplica por el hallado anteriormente b_0 , dando como resultado el volumen total del agregado grueso por m^3 .

Ecuación 3: *Volumen total del agregado grueso*

$$B = \left(\frac{b}{b_0} \right) * b_0$$

Teniendo ya el volumen del agregado grueso, cemento, agua y aire solo nos quedó determinar el del agregado fino, que se obtuvo restando el volumen total de lo anterior a $1 m^3$ que es la mezcla, dando las proporciones totales del diseño de mezcla de la investigación.

5.3.2. Etapa 2: Realizar ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los dos diseños de mezcla desarrollados

Actividad 2.1. Ensayo de Asentamiento del concreto NTC 396

En la segunda etapa del proyecto, se evaluaron las propiedades del concreto en estado fresco, tales como, la manejabilidad o asentamiento, de acuerdo a la NTC 454 en la toma de las muestras y la NTC 396 para el método de ensayo de asentamiento.

Una muestra de concreto fresco se coloca en un molde tronco cónico y se compacta mediante una varilla. El molde se levanta permitiendo que el concreto se asiente. El asentamiento corresponde a la diferencia entre la posición inicial y la desplazada de la superficie superior del concreto. Las mediciones se deben tomar en el centro de la cara superior. El valor resultante debe incluirse en el informe como el asentamiento del concreto. (ICONTEC, 1992)

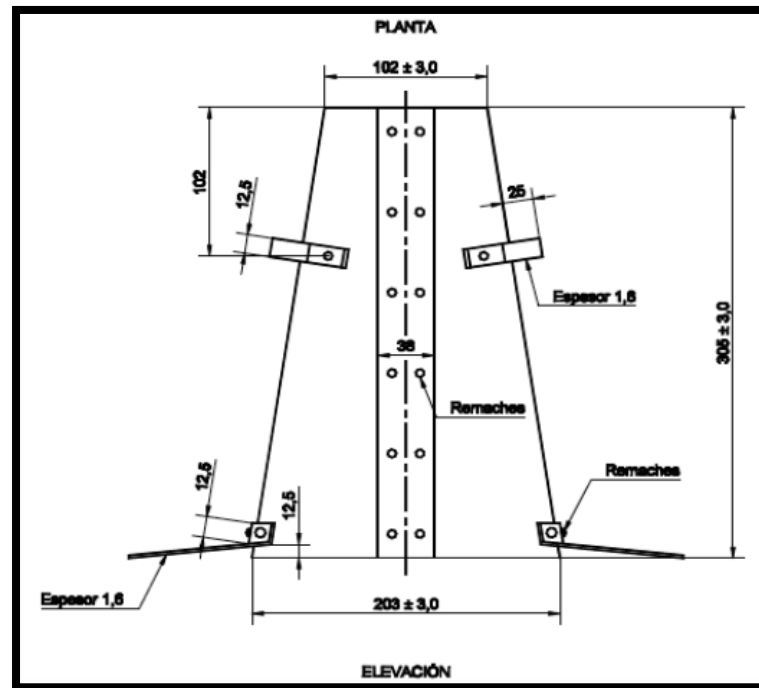


Ilustración 2: Especificaciones del Cono de Abrams

Fuente: (ICONTEC, 1992).

Actividad 2.2. Identificación de propiedades en estado fresco

Teniendo en cuenta los resultados de la etapa anterior se hizo un análisis primario de las propiedades físicas del concreto en su estado fresco, de acuerdo, a la manejabilidad hallada, temperatura y cohesión de la mezcla, por lo tanto, que de manera visual se pudo realizar un análisis de la adición del vidrio molido en la mezcla con respecto a una mezcla convencional, esto se realizara mediante un cuadro comparativo, que permitió que los resultados de la investigación sean claramente entendibles.

Actividad 2.3. Elaboración de especímenes o probetas cilíndricas de concretos

Finalmente, en la última etapa del proyecto se elaboró las probetas cilíndricas, que permitan realizar el ensayo de resistencia a la compresión, teniendo en cuenta, la normatividad para la toma de muestras de concreto, se utilizó una superficie nivelada, rígida y libre de cualquier tipo de perturbaciones, por lo tanto, el procedimiento utilizado de acuerdo a la NTC 550 fue :

- Se colocó el concreto en el molde, en el número requerido de capas de volumen aproximadamente igual.
- Se apisonó cada capa con el extremo redondeado de una varilla, la capa del fondo se apisona en toda su profundidad, los golpes se distribuyen uniformemente sobre la sección transversal del molde.
- Para cada capa que se va colocando, se dejó que la varilla penetre aproximadamente 12 mm de la capa inferior.
- Después de apisonar, se golpeó suavemente 10 a 15 veces los bordes del molde con un martillo para tapan cualquier orificio.

Los cilindros utilizados como moldes, presentaran medidas de 15cm X 30cm y la varilla compactadora debe ser de acero estructural, cilindra, lisa de 16mm X 600mm, con punta redondeada (Rivera, 2011)

Después de estos procesos, se almacenaron en un lugar que mantengan temperaturas de 16 °C a 27°C y sea un ambiente húmedo, siendo esto, el curado inicial, posterior a esto dentro de un lapso de 48 h se desmoldan y se llevan al curado final que debe ser mediante agua libre sobre la superficie de los mismos, finalmente se utilizaron para las pruebas de laboratorio necesarias.

Este proceso se realizó para los dos diferentes diseños de mezcla de la investigación como lo es el *blanco* junto con el diseño con adición de la fibra de vidrio molido.

Actividad 2.4. Ensayo de resistencia la compresión NTC 550

Esta sería la parte final de la investigación, que permitió identificar o comparar de qué manera influyo la utilización del vidrio molido, como reemplazo del agregado fino en el concreto, teniendo en cuenta, que ya se habrán elaborado los especímenes cilíndricos, esto de acuerdo a la legislación tienen que haber estado sometido 24h a curación antes de los procesos de rotura.

Finalmente, se llevaron a la máquina de ensayo donde se fue aplicando la fuerza o carga axial en un nivel constante, hasta donde se observó falla en el cilindro se detiene y se calculó la resistencia a la compresión mediante la ecuación 4.

Ecuación 4: Resistencia a la compresión del cilindro

$$RC = \frac{P}{A}$$

Siendo: (Rivera, 2011)

P= Carga Máxima aplicada en kg

A= Área de la sección transversal en cm²

RC= Resistencia a la compresión del cilindro en kg/ cm²



Ilustración 3: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto

Fuente: (Rivera, 2011).

5.3.3. Etapa 3: Comparar los resultados obtenidos de los ensayos para los diseños de mezcla

Actividad 3.1. Descripción de las fallas obtenidas

En la última etapa del proyecto se realizó un análisis comparativo de las diferentes fallas obtenidas en las edades de los cilindros de 7, 14 y 28 días respectivamente, de tal manera que se especificó la carga, área y presión ejercida, que permitió identificar e interpretar

los cambios presentados en las propiedades mecánicas, con la adición de fibras de vidrio al concreto con respecto al agregado fino convencional de la arena, fueron comparadas según la NTC 673, Concretos ensayos de resistencia a la compresión.

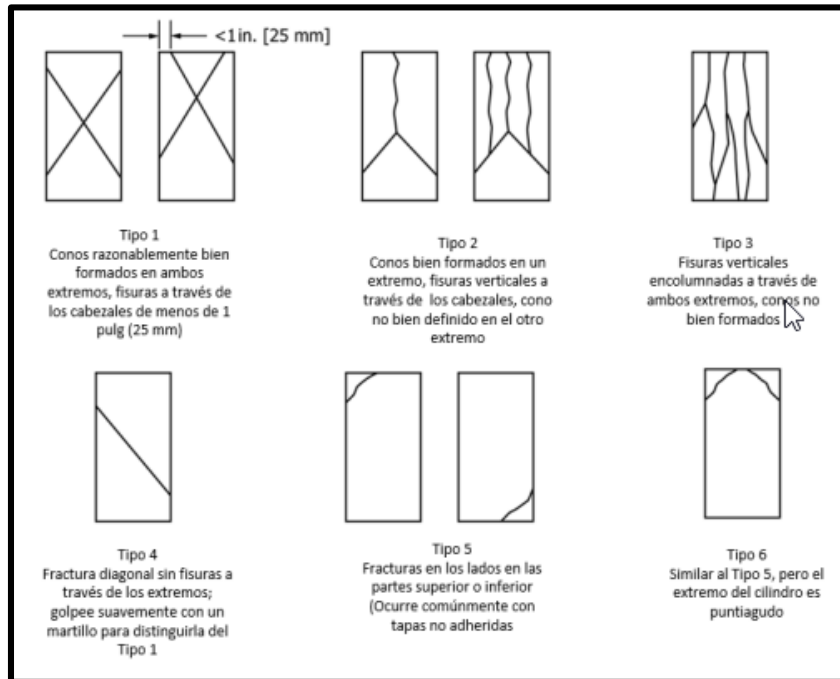


Ilustración 4: Tipo de falla de los ensayos de resistencia a la compresión

Fuente: (NTC 673, 2010).

Actividad 3.2. Tabulación de los resultados obtenidos

Finalmente, en el desarrollo de la última etapa, se realizó una tabulación de toda la información obtenida, en la segunda etapa con respecto a las diferentes propiedades físicas y mecánicas halladas, de tal manera que ayudo a determinar, de una manera más precisa la influencia de vidrio en esta mezcla.

De igual manera se graficó y hallo la curva de resistencia a la compresión, donde esté presente los porcentajes de fibra de vidrio y determinar su comportamiento.

6. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

El proyecto de trabajo de grado, se realizó en tres (3) etapas que dieron cumplimiento a los objetivos ya planteados anteriormente, definidas como:

ETAPA 1 Definir la dosificación de diseños de mezcla con vidrio molido y con un agregado fino convencional.

ACTIVIDAD 1 - Selección del vidrio reciclado como agregado.

Para llevar a cabo esta actividad, se visitaron varios lotes abandonados y parques de la ciudad de Valledupar, con el fin de recolectar todos esos envases de cervezas, soda, gaseosas de vidrio no retornables y otros vidrios grandes de mesas, las cuales son arrojadas en estos lugares, sin ser recogidas por el servicio de aseo municipal, ya que, son lugares privados o abandonados, a continuación, se evidencian unas imágenes de los envases reciclados.



Ilustración 5: Reciclaje de envases de vidrio no retornables.

Fuente: (Autor, 2021).

Seguidamente a la recolección de los envases, se procedió a lavar estos envases y se les retira la etiqueta, para que el papel, el alcohol, la grasa u otros residuos, no influyan en los siguientes procedimientos.



Ilustración 6: Lavado y secado de envases reciclados.

Fuente: (Autor, 2021).

Después del completo lavado y secado de los envases reciclados, se procedió a realizar la trituración de los mismos con un martillo, esta acción se realizó delicadamente con el fin de no lastimarse, por ende, se utilizaron guantes de seguridad como se puede evidenciar en la siguiente ilustración.



Ilustración 7: Vidrio reciclado triturado.

Fuente: (Autor, 2021).

Seguidamente a esto se procedió, a realizar una segunda trituración, pero para ello se usó una molineta la cual permitió la trituración total de las partículas del vidrio y que estas queden mucho más finas; como se puede observar en la siguiente figura.



Ilustración 8: Partículas más finas de vidrio reciclado.

Fuente: (Autor, 2021).

Finalmente, se pasa este vidrio triturado por una malla N.8, para obtener partículas tamaño arena como son requeridas, de tal manera que, posterior a esto se procedió a realizar un análisis granulométrico, tal como se establece en la metodología.

ACTIVIDAD 2 - Análisis Granulométrico.

1. Se llevó la muestra a un horno hasta eliminar el % de humedad de los agregados.



Ilustración 9: Secado de las muestras de los agregados.

Fuente: (Autor, 2021).

2. Posteriormente, se colocó la muestra en una superficie plana para realizar el cuarteado y tomar una muestra representativa de cada uno de los agregados, como se evidencia en la siguiente ilustración.



Ilustración 10: Cuarteado de los agregados arena, grava y vidrio molido.

Fuente: (Autor, 2021).

3. Se seleccionaron los tamices para los agregados, de acuerdo, a las especificaciones técnicas exigidas, en este caso, se utilizaron 12 tamices definidos como se muestra en la siguiente tabla 10.

Tabla 10: Tamices utilizados para la Granulometría.

TAMIZ	1 1/2"	1	3/4"	1/2"	3/8"	N.4	N.8	N.30	N.50	N.80	N.100	N.200
-------	--------	---	------	------	------	-----	-----	------	------	------	-------	-------

Fuente: (Autor, 2021).

4. Se encajaron los tamices en orden decreciente, de acuerdo, al tamaño o número, como se explica en el ítem anterior (Ver ilustración 11).
5. Se procede a realizar la granulometría, para los dos diseños de mezcla, el primero será el blanco, utilizando agregados como grava y arena, posteriormente, en el segundo diseño se utilizaron grava y vidrio molido (Ver ilustración 12).



Ilustración 11: Orden de tamices para las granulometrías de los agregados.

Fuente: (Autor, 2021).

GRANULOMETRÍA

Mezcla Agregados Grava y Arena

Se realizó el proceso de la granulometría, pasando los agregados finos y grueso por estos tamices, en cada tamiz queda material, el cual es pesado en una balanza para calcular la cantidad retenida en cada tamiz.



Ilustración 12: Pesaje de los agregados arena y grava.

Fuente: (Autor, 2021).

6. Finalmente, se presentó el análisis y los cálculos hallados, de acuerdo a la norma ASTM 33, teniendo una masa de 2,5 kg de agregado grueso y una masa de 0,600 kg de agregado fino (Ver tabla 11).

Tabla 11: Cálculos de la granulometría grava – arena.

AGREGADO GRUESO = GRAVA						
TAMIZ	TAMAÑO EN (mm)	PESO RETENIDO O (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	%RETENIDO O	% RETENIDO ACUMULADO O	% QUE PASA
1½"	37,5	0	0	0	0	100
1"	25,0	105	105	4,2	4,2	95,8
¾"	19,0	805	910	32,2	36,4	63,6
½"	12,5	645	1555	25,8	62,2	37,8
3/8"	9,5	920	2475	36,8	99,0	1,0
N.4	4,75	24	2499	1,0	100,0	0,0
	TOTAL	2479	2500			
AGREGADO FINO = ARENA						
TAMIZ	TAMAÑO EN (mm)	PESO RETENIDO O (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	%RETENIDO O	% RETENIDO ACUMULADO O	% QUE PASA
N.4	4,75	0	0	0	0	100
N.8	2,36	205	205	34,2	34,2	65,8
N.30	0,6	235	440	39,2	73,3	26,7
N.50	0,3	102	542	17,0	90,3	9,7
N.80	0,18	20	562	3,3	93,7	6,3
N.100	0,15	15	577	2,5	96,2	3,8
N.200	0,075	13	590	2,2	98,3	1,7
	TOTAL	590	600			

Fuente: (Autor, 2021).

Tamaño Máximo

Es el tamiz por el que pasa el 100% del agregado.

Tamaño Máximo Nominal

Es el menor tamiz por el cual la mayor parte de la muestra de agregado grueso, puede pasar. El tamiz del **tamaño máximo nominal** puede retener del 5% al 15% de la masa.

- ✓ **Tamaño Máximo AG. Grueso = (1½").**
- ✓ **Tamaño Máximo Nominal AG. Grueso = (1").**
- ✓ **Tamaño Máximo AG. Fino = (N.4)**
- ✓ **Tamaño Máximo Nominal AG. Fino = (3/8")**

Módulo de finura

El módulo de finura es un índice de la finura de un agregado entre mayor sea el módulo de finura más grueso será el agregado, se determina con la siguiente formula.

$$MODULO FINURA = \frac{\sum \%retenido\ acumulado}{100}$$

$$M. FINURA\ ag.\ grueso = \frac{0 + 36,4 + 99,0 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$M. FINURA\ ag.\ grueso = 7,3$$

Los valores de M.F. para el agregado grueso dependen del tamaño máximo del agregado grueso.

Nota: para el caso del agregado grueso no se tiene en cuenta el % retenido acumulado del tamiz de 1" y ½", en pro de cumplir con las directrices de las normas para la granulometría.

$$M. FINURA\ ag.\ fino = \frac{0 + 34,2 + 73,3 + 90,3 + 93,7 + 96,2}{100}$$

$$M. FINURA\ ag.\ fino = 3,8$$

Los valores de M.F. de 2.50 a 3,1 son normales para el agregado fino, si son mayores a 3 como en este caso, quiere decir, que la arena es gruesa y puede ser aceptada ya que

la norma I.N.V.E -213-07 numeral 6.4 menciona que si existen registros o evidencias de comportamientos aceptables del agregado fino puede ser utilizada.

Mezcla Agregados Grava y Vidrio

7. Luego se realizó el proceso de la granulometría pasando los agregados finos y grueso, en este caso vidrio y grava por los tamices, en cada tamiz queda material, a este se le realizó un pesaje de la cantidad retenida en cada tamiz (Ver ilustración 13).



Ilustración 13: Pesaje de los agregados arena y vidrio.

Fuente: (Autor, 2021).

8. Finalmente, se presentan el análisis y los cálculos de acuerdo a la norma ASTM 33, teniendo una masa de 2,5 kg de agregado grueso y una masa de 0,600 kg de agregado fino (Ver tabla 12).

- ✓ **Tamaño Máximo AG. Grueso = (1 1/2”).**
- ✓ **Tamaño Máximo Nominal AG. Grueso = (1”).**
- ✓ **Tamaño Máximo AG. Fino = (N.4)**
- ✓ **Tamaño Máximo Nominal AG. Fino = (3/8”).**

Tabla 12: Cálculos de granulometría grava – vidrio.

AGREGADO GRUESO = GRAVA						
TAMIZ	TAMAÑO EN (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO RETENIDO ACOMULADO (gr)	%RETENIDO	% RETENIDO ACOMULADO	% QUE PASA
1½"	37,5	0	0	0	0	100
1"	25	105	105	4,2	4,2	95,8
¾"	19	805	910	32,2	36,4	63,6
½"	12,5	645	1555	25,8	62,2	37,8
3/8"	9,5	920	2475	36,8	99,0	1,0
N.4	4,75	24	2499	1,0	100,0	0,0
	TOTAL	2499	2500			
AGREGADO FINO = VIDRIO MOLIDO RECICLADO						
TAMIZ	TAMAÑO EN (mm)	PESO RETENIDO (gr)	MASA RETENIDA EN GRAMOS (gr)	%RETENIDO	% RETENIDO ACOMULADO	% QUE PASA
N.4	4,75	0	0	0	0	100
N.8	2,36	30	30	5,0	5,0	95,0
N.30	0,6	245	275	40,8	45,8	54,2
N.50	0,3	155	430	25,8	71,7	28,3
N.80	0,18	98	528	16,3	88,0	12,0
N.100	0,15	50	578	8,3	96,3	3,7
N.200	0,075	21	599	3,5	99,8	0,2
	TOTAL	599	600			

Fuente: (Autor, 2021).

$$M. \text{ FINURA ag. grueso} = \frac{0 + 36,4 + 99,0 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$M. \text{ FINURA ag. grueso} = 7,3$$

Los valores de M.F. para el agregado grueso dependen del tamaño máximo del agregado grueso. Para el agregado grueso no se tiene en cuenta el % retenido acumulado del tamiz de 1" y ½", como lo estipula la norma de granulometría.

$$M. FINURA ag. fino = \frac{0 + 5,0 + 45,8 + 71,7 + 88,0 + 96,3}{100}$$

$$M. FINURA ag. fino = 3,06$$

Los valores de M.F. de 2.50 a 3,1 son normales para el agregado fino, como en este caso.

ANÁLISIS

En comparación de la granulometría se determinó que en ambas mezclas, el agregado grueso tiene el mismo módulo de finura y para el agregado fino el módulo de finura varía un poco, dando como resultado mejor módulo de finura el vidrio molido.

Tabla 13: Comparativa del módulo de finura en ambas mezclas.

Mezclas	A.G. Grueso	A.G. Fino
Grava y Arena	7,3	3,80
Grava y Vidrio molido	7,3	3,06

Fuente: (Autor, 2021).

ACTIVIDAD 3 – Diseño de mezcla por el método ACI

Se realizó mediante el método ACI, el diseño de mezcla de hormigón con los materiales (cemento, agua, grava y arena), se realizaron dos mezclas, una se diseña para una mezcla en estado fresco y se diseña otra mezcla en estado endurecido, lo anterior se realizó en base de la normatividad vigente colombiana la ASTM 33 para los agregados y la A.C.I 211.1 para el diseño de mezcla.

Cálculos de % de humedad, P.U.S, P.U.C y % de absorción de ag. Fino Arena.

% Humedad

peso de la arena sin calentar = 500 gr

peso de la arena calentada = 493 gr

$$\%H = \left[\frac{(500 \text{ g} - 495 \text{ g})}{495 \text{ g}} \right] * 100 \rightarrow \%H = 1,01 \%$$

Peso unitario Suelto

$$P. S = 4,00 \text{ kg}$$

$$P. U. S = \frac{WS}{V} = \frac{4,00 \text{ kg}}{0,0028 \text{ m}^3} \rightarrow P. U. S = 1.428,5 \text{ kg/m}^3$$

Peso unitario compactado

$$P. C = 4,500 \text{ kg.}$$

$$P. U. C = \frac{WS}{V} = \frac{4,500 \text{ kg}}{0,0028 \text{ m}^3} \rightarrow P. U. C = 1.607,1 \text{ kg/m}^3$$

% De Absorción

$$\%Abs = \frac{S-A}{A} = \frac{500-478}{478} * 100 \rightarrow \%Abs = 4,7$$

A = masa de muestra seca en el horno

S = masa de muestra superficialmente seca



Ilustración 14: Peso para los cálculos del agregado Fino Arena.

Fuente: (Autor, 2021).

Cálculo del % de humedad, P.U.C, P.U.S y % de absorción del ag. Fino Vidrio.

% Humedad

peso del vidrio sin calentar = 500 gr

peso del vidrio calentado = 500 gr

$$P = \left[\frac{(500 \text{ g} - 500 \text{ g})}{500 \text{ g}} \right] * 100 \rightarrow \%H = 0 \%$$

Peso unitario compactado

$$P. C = 4,445 \text{ kg}$$

$$P. U. C = \frac{WS}{V} = \frac{4,445 \text{ kg}}{0,0028 \text{ m}^3} \rightarrow P. U. C = 1.587,5 \text{ kg/m}^3$$

Peso unitario suelto

$$P. S = 3,765 \text{ kg.}$$

$$P. U. S = \frac{WS}{V} = \frac{3,765 \text{ kg}}{0,0028 \text{ m}^3} \rightarrow P. U. S = 1.344,64 \text{ kg/m}^3$$

% De Absorción

$$\%Abs = \frac{S-A}{A} = \frac{500-499}{499} * 100 \rightarrow \%Abs = 0,2 \%$$

A = masa de muestra seca en el horno

S = masa de muestra saturada superficialmente seca

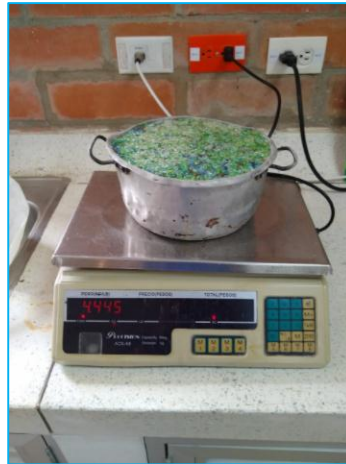


Ilustración 15: Peso para los cálculos del agregado Fino Vidrio.

Fuente: (Autor, 2021).

Cálculo del % de humedad, P.U.C, P.U.S y el % de absorción del ag. Grueso Grava.

% Humedad

peso del agregado humedo = 1 kg

peso del agregado seco = 0,98 kg

$$P = \left[\frac{(1 \text{ kg} - 0,98 \text{ kg})}{0,98 \text{ kg}} \right] * 100 \rightarrow P = 2,04 \%$$

Peso unitario compactado

$$P. C = 4,215 \text{ kg}$$

$$P. U. C = \frac{WS}{V} = \frac{4,215 \text{ kg}}{0,0028 \text{ m}^3} \rightarrow P. U. C = 1.505,35 \text{ kg/m}^3$$

Peso unitario suelto

$$P. S = 3,760 \text{ kg.}$$

$$P. U. S = \frac{WS}{V} = \frac{3,760 \text{ kg}}{0,0028 \text{ m}^3} \rightarrow P. U. S = 1.342,85 \text{ kg/m}^3$$

% De Absorción

peso del agregado – peso del recipiente = 2,49 kg

peso del agregado – peso del recipiente = 3,215 kg

peso del recipiente = 0,355 kg

Tamiz utilizado = 3/4"

A = masa de muestra seca en el horno

S = masa de muestra saturada superficialmente seca

$$\%Abs = \frac{S-A}{A} = \frac{3,215-2,49}{2,49} * 100 \rightarrow \%Abs = 7,5 \%$$



Ilustración 16: Peso para los cálculos del ag. Grueso Grava.

Fuente: (Autor, 2021).

Cálculo del Peso específico del agregado Grueso

Datos:

250 ml = de agua en probeta

200 gr = 0,2 kg = de grava

330 ml = agua + grava

$\Delta \text{volumén} = 330 \text{ ml} - 250 \text{ ml} = 80 \text{ ml} = 0,08 \text{ l}$

se convierte $0,08 \text{ l} \leftrightarrow 0,08 \text{ kg}$

$0,08 \text{ kg} \leftrightarrow 0,00008 \text{ m}^3$

$$\gamma \text{ Ag. grueso} = \frac{0,2 \text{ kg}}{0,00008 \text{ m}^3} \rightarrow \gamma \text{ Ag. grueso} = 2.500 \text{ kg/m}^3$$



Ilustración 17: Cálculo del peso específico para el ag. Grueso

Fuente: (Autor, 2021).

Cálculo del Peso específico del agregado Fino

Densidad

$$\delta s = \left(\frac{W_a}{W_{pw} + W_a - W_w + W_a} \right)$$

Donde:

$\delta s = \text{Densidad del solido}$

$W_a = 0,1 \text{ kg} = \text{peso del agregado fino}$

$W_{pw} = 0,670 \text{ kg} = \text{del picnómetro + peso del agua}$

$W_{pw} + w_a = 0,735 \text{ kg} = \text{peso del picnómetro con agua y arena}$

$$\delta s = \left(\frac{0,1 \text{ kg}}{0,670 \text{ kg} + 0,1 \text{ kg} - 0,735 \text{ kg}} \right) \rightarrow \delta s = 2,86$$

Peso específico

$\gamma_{H_2O} = 1000 \text{ kg/m}^3$

$\gamma_{\text{Ag. Fino}} = \delta s * \gamma_{H_2O} = 2,86 * 1000 \text{ kg/m}^3$

$\gamma_{\text{Ag. Fino}} = 2.860 \text{ kg/m}^3$

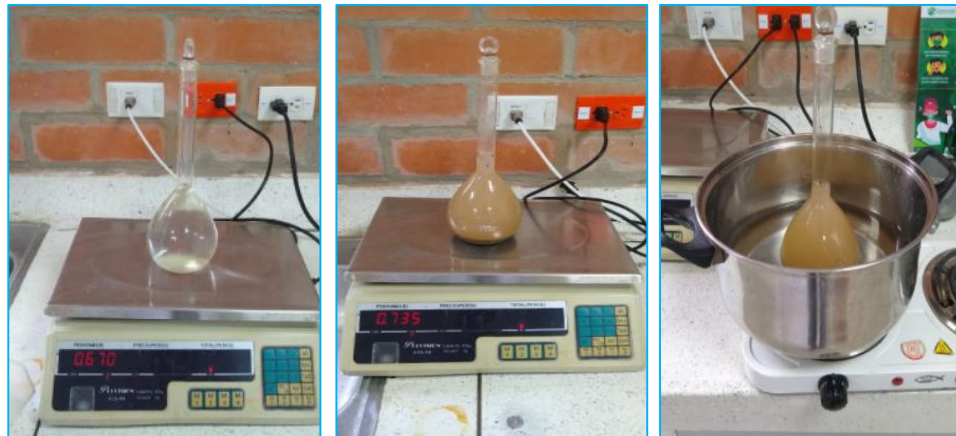


Ilustración 18: Cálculo del peso específico para el ag. Fino.

Fuente: (Autor, 2021).

DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO ACI CON AGREGADOS CONVENCIONALES ARENA Y GRAVA

Datos:

- Cemento = Tipo 1
- $F'c = 81,6 \text{ kg/cm}^2$ ó 8 Mpa
- Peso específico (γ) del cemento = $3,15 \text{ gr/cm}^3$
- Slump = 3,5"
- Peso específico (γ) del Agua = 1000 kg/m^3

Tabla 14: Tabla de datos para los agregados grava y arena.

AGREGADOS	Sigla	Unidades	FINO	GRUESO
Peso unitario suelto	P.U.S	kg/m ³	1.928,5	1.342,65
Peso unitario compactado	P.U.C	kg/m ³	1.607,1	1.505,35
Peso específico	Y	kg/m ³	2.860	2.500
Módulo de Finura	M.F		3.8	7
Tamaño máximo nominal	TMN	"	—	1"
Porcentaje de absorción	%abs	%	4,7	7,5
porcentaje de humedad	%w	%	1,01	2,04

Fuente: (Autor, 2021).

Agregado Grueso

1. Calculo F'cr (Resistencia a la compresión requerida)

Para la F'cr de diseño, como no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes u obras anteriores, para obtener la desviación estándar, se tomó para F'cr promedio según ACI 2.1.1 en la tabla 7 para de la metodología.

Si la Resistencia a compresión es ($F'c < 210 \text{ kg/cm}^2$) $\rightarrow (F'cr = Fc + 70 \text{ kg/cm}^2)$

$$(F'cr = 81,6 + 70 \text{ kg/cm}^2)$$

$$F'cr = 151,6 \text{ kg/cm}^2$$

2. Calculo para el tamaño máximo nominal

Este valor es verificado según ACI 2.1.1 en la tabla 6 de la metodología, en el cual se debe cuidar la economía de los agregados y mantener una compactación adecuada de los mismos, por lo tanto, para la granulometría del agregado grueso se determinó lo siguiente:

$$T.M.N = 1"$$

3. Contenido de aire

El porcentaje de aire atrapado se estima en base al Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado grueso, según ACI 2.1.1 en la tabla 5 de la metodología.

$$\text{AIRE Atrapado} = 1,5 \%$$

4. Contenido de agua

Este valor se determina en base al tamaño máximo nominal del agregado, según ACI 2.1.1, en la tabla 6 de la metodología se muestra la cantidad de agua de mezclado para el concreto.

$$a = 193 \text{ lt/m}^3$$

5. Relación agua/cemento (a/c)

Este valor se obtiene de acuerdo al procedimiento de la (F'_{cr}) resistencia de diseño, se escogió una a/c que influye de igual manera en la durabilidad y especificaciones de el diseño.

$$x = 0,80 \% \text{ a/c}$$

6. Contenido del cemento

Para hallar la cantidad de cemento se utilizó la ecuación 1 dada en el método ACI 2.1.1 que relaciona la cantidad de agua (a) y la relación agua-cemento (a/c) hallado en pasos anteriores.

$$\frac{a}{C} = \frac{a}{c} \rightarrow \frac{193}{C} = 0,80\% \rightarrow \frac{193}{0,80\%} = C$$

$$C = 241,25 \text{ kg}$$

$$\text{FACTOR C} = \frac{241,25}{42,5}$$

$$\text{FACTOR C} = 5,68 \text{ bolsas.}$$

7. Peso del agregado grueso

Primeramente, se halló el peso del agregado grueso por m^3 , donde primero se seleccionó el volumen seco del agregado (b/b_0) tomado de la tabla 9, teniendo en cuenta, los datos obtenidos en los procesos anteriores. Este cálculo se determinó teniendo en cuenta la siguiente formula.

$$\text{peso ag. grueso} = \frac{b}{b_0} \times P.U.C$$

la relación $b/b_0 = 0,65 \text{ m}^3 \longrightarrow$ Tomado de la tabla 9, Volumen compactado y seco de agregado grueso, por unidad de volumen de concreto.

$$\text{peso ag. grueso} = 0,65 \text{ m}^3 \times 1.50,35 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{peso ag. grueso} = 978,5 \text{ kg}$$

8. Volumen absoluto de los materiales

Cemento

$$\text{Vol. Cemento} = \frac{241,25 \text{ kg}}{3,15 \text{ kg/cm}^3 * 1000} \rightarrow \text{Vol. Cemento} = 0,076 \text{ m}^3$$

Agua

$$\text{Vol. Agua} = \frac{193 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} \rightarrow \text{Vol. Agua} = 0,193 \text{ m}^3$$

Aire

$$\text{Vol. Aire} = \frac{15}{100} \rightarrow \text{Vol. Aire} = 0,015 \text{ m}^3$$

Ag. Grueso

$$\text{Vol. Ag. Grueso} = \frac{978,5 \text{ kg}}{2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \rightarrow \text{Vol. Ag. Grueso} = 0,3914 \text{ m}^3$$

Sumatoria de Volúmenes Absolutos de los materiales

Se suman todas las cantidades de volumen anterior, su resultado se da en m^3 , estos valores que se calcularon son equivalente para 1 m^3 de concreto.

$$\Sigma \text{c. Volúmenes} = \text{Vol. Cemento} + \text{Vol. Agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. ag. Grueso}$$

$$\Sigma \text{c. Volúmenes} = 0,076 \text{ m}^3 + 0,193 + 0,015 + 0,3914 \text{ m}^3$$

$$\Sigma \text{c. Volúmenes} = 0,6754 \text{ m}^3$$

Teniendo ya el volumen del agregado grueso, cemento, agua y aire se determinó el volumen del agregado fino, restando el volumen total de lo anterior a 1 m^3 .

$$\text{Vol. ag. Fino} = 1 \text{ m}^3 - 0,6754 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. ag. Fino} = 0,3246 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 0,6754 + 0,3246 = 1 \text{ m}^3$$

9. Calcular peso del ag. Fino

$$\text{Peso ag. Fino} = 0,3246 \text{ m}^3 \times 2.860 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso ag. Fino} = 928,35 \text{ kg}$$

10. Presentación del Diseño de mezcla en estado seco

$$\text{Cemento} = 241,25 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Fino} = 928,35 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 978,5 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 193 \text{ l}$$

11. Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Corrección x humedad} = \text{peso seco} \times \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right)$$

Ag. Fino

$$\text{Ag. Fino} = 928,35 \text{ kg} \times \left(\frac{1,01}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Ag. Fino} = 937,72 \text{ kg}$$

Ag. Grueso

$$\text{Ag. Grueso} = 978,5 \text{ kg} \times \left(\frac{2,04}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Ag. Grueso} = 998,46 \text{ kg}$$

12. Aporte de agua a la mezcla

$$\text{Aporte de agua} = \frac{(w\% - \%abs) \times \text{ag. seco}}{100}$$

Ag. Fino

$$\text{Ag. Fino} = \frac{(1,01 - 4,7) \times 937,72 \text{ kg}}{100}$$

$$\text{Ag. Fino} = -34,60 \text{ L}$$

Ag. Grueso

$$\text{Ag. Grueso} = \frac{(2,04 - 7,5) \times 998,46 \text{ kg}}{100}$$

$$Ag. Grueso = -54,5 \text{ l}$$

Suma para aporte de agua de ambos agregados

$$\Sigma. \text{ agua} = -34,60 + (-54,516)$$

$$\Sigma. \text{ agua} = -89,11 \text{ l}$$

13. Agua efectiva

$$Agua = Vol. del agua - \Sigma. \text{ agua}$$

$$Agua = 193 \text{ l} - (-89,11 \text{ l})$$

$$Agua = 282,11 \text{ l}$$

14. Proporciones definidas para el Diseño de Mezcla

Según el método ACI 2.1.1, en este ítem se buscó determinar finalmente, la cantidad de cada uno de los materiales del diseño de mezcla, donde se tuvieron en cuenta las especificaciones de los agregados de la normatividad vigente (ASTM 33).

Tabla 15: Cantidad de los agregados para la mezcla convencional.

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
241,25 kg	937,72 kg	998,46 kg	282,11 L
241,25 kg	241,25 kg	241,25 kg	5,68
↓	↓	↓	↓
1 kg	3,88 kg	4,13 kg	49,66 L

Fuente: (Autor, 2021)

Cálculos

$$Cemento = 1 * 42,5 * 1 = 42,5 \text{ kg}$$

$$Ag. Fino = 3,88 * 42,5 * 1 = 164,9 \text{ kg}$$

$$Ag. Grueso = 4,13 * 42,5 * 1 = 175,5 \text{ kg}$$

$$Agua = 49,66 \text{ l} * 1 = 49,66 \text{ l}$$

15. Cantidades utilizadas para obtener la muestra

Estas son las cantidades para una bolsa de cemento.

$$\text{Cemento} = 42,5 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Fino} = 164,9 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 175,5 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 49,66 \text{ l}$$

16. Cantidades para 4,16 kg de Cemento

En este paso se calcularon las cantidades de los agregados y el agua para la cantidad de 4,16 kg de Cemento.

$$42,5 \text{ kg cemento} \leftrightarrow 164,9 \text{ kg Ag. Fino}$$

$$4,16 \text{ kg cemento} \leftrightarrow x \text{ Ag. Fino}$$

$$x = \frac{4,16 \text{ kg} * 164,9 \text{ kg Ag. Fino}}{42,5 \text{ kg}}$$

$$x = 16,14 \text{ kg Ag. Fino Arena}$$

$$42,5 \text{ kg cemento} \leftrightarrow 175,5 \text{ kg Ag. Grueso}$$

$$4,16 \text{ kg cemento} \leftrightarrow x \text{ Ag. Grueso}$$

$$x = \frac{4,16 \text{ kg} * 175,5 \text{ kg Ag. Grueso}}{42,5 \text{ kg}}$$

$$x = 17,17 \text{ kg Ag. Grueso}$$

$$42,5 \text{ kg cemento} \leftrightarrow 49,66 \text{ l Agua}$$

$$4,16 \text{ kg cemento} \leftrightarrow x \text{ l Agua}$$

$$x = \frac{4,16 \text{ kg} * 49,66 \text{ l Agua}}{42,5 \text{ kg}}$$

$$x = 4,86 \text{ l}$$

DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO ACI CON AGREGADO FINO DE VIDRIO TRITURADO Y GRAVA

Datos:

- Cemento = Tipo 1
- $F'c = 81,6 \text{ kg/cm}^2$ ó 8 Mpa
- Peso específico (γ) del cemento = $3,15 \text{ gr/cm}^3$
- Slump = $3,5''$
- Peso específico (γ) del Agua = 1000 kg/m^3

Tabla 16: Tabla de datos para los agregados grava y vidrio.

AGREGADOS	Sigla	Unidades	FINO	GRUESO
Peso unitario suelto	P.U.S	kg/m ³	1.344,64	1.342,65
Peso unitario compactado	P.U.C	kg/m ³	1.587,5	1.505,35
Peso específico	Γ	kg/m ³	1.120	2.500
Módulo de Finura	M.F		3.06	7
Tamaño máximo nominal	TMN	"	—	1"
Porcentaje de absorción	%abs	%	0,2	7,5
porcentaje de humedad	%w	%	0,4	2,04

Fuente: (Autor, 2021).

1. Calculo $F'cr$ (Resistencia a la compresión requerida)

Para la $F'cr$ de diseño, como no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes u obras anteriores, para obtener la desviación estándar, se tomó para $F'cr$ promedio los valores según ACI 2.1.1 (tabla 7).

Si la Resistencia a compresión es ($F'c < 210 \text{ kg/cm}^2$) $\rightarrow (F'cr = Fc + 70 \text{ kg/cm}^2)$

$$(F'cr = 81,6 + 70 \text{ kg/cm}^2)$$

$$F'cr = 151,6 \text{ kg/cm}^2$$

2. Calculo para el tamaño máximo nominal

Este valor es verificado según ACI 2.1.1 en la tabla 6 de la metodología, en el cual, se debe cuidar la economía de los agregados y mantener una compactación adecuada de

los mismos, por lo tanto, para la granulometría del agregado grueso se determinó lo siguiente:

$$T.M.N = 1''$$

3. Contenido de aire

El porcentaje de aire atrapado, se estima en base al Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado grueso, según ACI 2.1.1 (tabla 5).

$$\text{AIRE Atrapado} = 1,5 \%$$

4. Contenido de agua

Este valor se determinó, en base al tamaño máximo nominal del agregado, según ACI 2.1.1, en la tabla 6 de la metodología, se muestra la cantidad de agua de mezclado para el concreto.

$$a = 193 \text{ lt/m}^3$$

5. Relación agua/cemento (a/c)

Este valor se obtuvo de acuerdo al procedimiento de la (F'_{cr}) resistencia de diseño se escogió una a/c, que influye de igual manera en la durabilidad y especificaciones de el diseño para la mezcla de grava y vidrio.

$$x = 0,80 \% a/c$$

6. Contenido del cemento

Para hallar la cantidad de cemento se utilizó, la ecuación 1 dada en el método ACI 2.1.1 que relaciona la cantidad de agua (a) y la relación agua-cemento (a/c) hallado en pasos anteriores.

$$\frac{a}{c} = \frac{a}{c} \rightarrow \frac{193}{c} = 0,80\% \rightarrow \frac{193}{0,80\%} = C$$

$$C = 241,25 \text{ kg}$$

$$\text{FACTOR C} = \frac{241,25}{42,5}$$

$$\text{FACTOR C} = 5,68 \text{ bolsas.}$$

7. Peso del agregado grueso

Primeramente, se hallará el peso del agregado grueso por m^3 , posteriormente se selecciona el volumen seco del agregado (b/b_0) tomado de la tabla 9, teniendo en cuenta, los datos obtenidos en los procesos anteriores.

Este cálculo se determinó teniendo en cuenta la siguiente formula.

$$\text{peso ag. grueso} = \frac{b}{b_0} \times P. U. C$$

la relación $b/b_0 = 0,65 m^3$ Tomado de la tabla 9, Volumen compactado y seco de agregado grueso, por unidad de volumen de concreto.

$$\text{peso ag. grueso} = 0,65 m^3 \times 1.50,35 \text{ kg}/m^3$$

$$\text{peso ag. grueso} = 978,51 \text{ kg}$$

8. Volumen absoluto de los materiales

Cemento

$$\text{Vol. Cemento} = \frac{241,25 \text{ kg}}{3,15 \text{ kg}/cm^3 * 1000} \rightarrow \text{Vol. Cemento} = 0,076 m^3$$

Agua

$$\text{Vol. Agua} = \frac{193 \text{ kg}}{1000 \text{ kg}/m^3} \rightarrow \text{Vol. Agua} = 0,193 m^3$$

Aire

$$\text{Vol. Aire} = \frac{15}{100} \rightarrow \text{Vol. Aire} = 0,015 m^3$$

Ag. Grueso

$$\text{Vol. Ag. Grueso} = \frac{978,5 \text{ kg}}{2500 \frac{\text{kg}}{m^3}} \rightarrow \text{Vol. Ag. Grueso} = 0,3914 m^3$$

Sumatoria de Volúmenes Absolutos de los materiales

Se suman todas las cantidades de volumen anterior, su resultado se da en m^3 , estos valores que se están calculando son equivalente para $1 m^3$ de concreto.

$$\Sigma c. \text{Volúmenes} = \text{Vol. Cemento} + \text{Vol. Agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. ag. Grueso}$$

$$\Sigma c. \text{Volúmenes} = 0,076 \text{ m}^3 + 0,193 + 0,015 + 0,3914 \text{ m}^3$$

$$\Sigma c. \text{Volúmenes} = 0,6754 \text{ m}^3$$

Teniendo ya el volumen del agregado grueso, cemento, agua y aire se determina el volumen del agregado fino en este caso es el vidrio, restando el volumen total de lo anterior a 1 m^3 .

$$\text{Vol. ag. Fino} = 1 \text{ m}^3 - 0,6754 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. ag. Fino} = 0,3246 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 0,6754 + 0,3246 = 1 \text{ m}^3$$

9. Calcular peso del ag. Fino

$$\text{Peso ag. Fino} = 0,3246 \text{ m}^3 \times 1.120 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso ag. Fino} = 363,55 \text{ kg}$$

10. Presentación del Diseño de mezcla en estado seco

$$\text{Cemento} = 241,25 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Fino} = 363,55 \text{ kg}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 978,51 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 193 \text{ l}$$

11. Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Corección } x \text{ humedad} = \text{peso seco} \times \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right)$$

Ag. Fino

$$\text{Ag. Fino} = 363,55 \text{ kg} \times \left(\frac{1,01}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Ag. Fino} = 365,00 \text{ kg}$$

Ag. Grueso

$$Ag. Grueso = 978,5 \text{ kg} \times \left(\frac{2,04}{100} + 1 \right)$$

$$Ag. Grueso = 998,46 \text{ kg}$$

12. Aporte de agua a la mezcla

$$Aporte \text{ de agua} = \frac{(w\% - \%abs) \times ag. seco}{100}$$

Ag. Fino

$$Ag. Fino = \frac{(0,4 - 0,2) \times 365,00 \text{ kg}}{100}$$

$$Ag. Fino = 0,73 \text{ L}$$

Ag. Grueso

$$Ag. Grueso = \frac{(2,04 - 7,5) \times 998,46 \text{ kg}}{100}$$

$$Ag. Grueso = -54,51 \text{ l}$$

Suma para aporte de agua de ambos agregados

$$\Sigma. agua = 0,73 + (-54,51)$$

$$\Sigma. agua = -53,78 \text{ l}$$

13. Agua efectiva

$$Agua = Vol. del agua - \Sigma. agua$$

$$Agua = 193 \text{ l} - (-53,78 \text{ l})$$

$$Agua = 139,22 \text{ l}$$

14. Proporcionamiento del Diseño de Mezcla

Según el método ACI 2.1.1, en este ítem se busca determinar finalmente la cantidad de cada uno de los materiales del diseño de mezcla, donde se tuvieron en cuenta las especificaciones de los agregados de la normatividad vigente (ASTM 33).

Tabla 17: Cantidad de los agregados para la mezcla de grava y vidrio molido.

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
241,25 kg	365,55 kg	998,46 kg	139,32 L
241,25 kg	241,25 kg	241,25 kg	5,68
↓	↓	↓	↓
1 kg	1,51 kg	4,13 kg	24,51 L

Fuente: (Autor, 2021).

Cálculos

$$\text{Cemento} = 1 * 42,5 * 1 = \mathbf{42,5 \text{ kg}}$$

$$\text{Ag. Fino} = 1,51 * 42,5 * 1 = \mathbf{64,17 \text{ kg}}$$

$$\text{Ag. Grueso} = 4,13 * 42,5 * 1 = \mathbf{175,5 \text{ kg}}$$

$$\text{Agua} = 24,51 \text{ l} * 1 = \mathbf{24,51 \text{ l}}$$

15. Cantidades utilizadas para obtener la muestra

Estas son las cantidades para una bolsa de cemento.

$$\text{Cemento} = \mathbf{42,5 \text{ kg}}$$

$$\text{Ag. Fino} = \mathbf{64,17 \text{ kg}}$$

$$\text{Ag. Grueso} = \mathbf{175,5 \text{ kg}}$$

$$\text{Agua} = \mathbf{24,51 \text{ l}}$$

16. Cantidades para 4,16 kg de Cemento

En este paso se calcularon las cantidades de los agregados para la mezcla de Grava y Vidrio molido y el agua para una cantidad de 4,16 kg de Cemento.

$$42,5 \text{ kg cemento} \leftrightarrow 64,17 \text{ kg Ag. Fino}$$

$$4,16 \text{ kg cemento} \leftrightarrow x \text{ Ag. Fino}$$

$$x = \frac{4,16 \text{ kg} * 64,17 \text{ kg Ag. Fino}}{42,5 \text{ kg}}$$

$$x = 6,28 \text{ kg Ag. Fino Vidrio}$$

$$42,5 \text{ kg cemento} \leftrightarrow 175,5 \text{ kg Ag. Grueso}$$

$$4,16 \text{ kg cemento} \leftrightarrow x \text{ Ag. Grueso}$$

$$x = \frac{4,16 \text{ kg} * 175,5 \text{ kg Ag. Grueso}}{42,5 \text{ kg}}$$

$$x = 17,17 \text{ kg Ag. Grueso}$$

$$42,5 \text{ kg cemento} \leftrightarrow 24,51 \text{ l Agua}$$

$$4,16 \text{ kg cemento} \leftrightarrow x \text{ l Agua}$$

$$x = \frac{4,16 \text{ kg} * 24,51 \text{ l Agua}}{42,5 \text{ kg}}$$

$$x = 2,39 \text{ l de Agua}$$

ETAPA 2 Realizar ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los dos diseños de mezcla desarrollados

ACTIVIDAD 1 - Ensayo de Asentamiento del concreto NTC 396

En esta etapa no se logró evaluar las propiedades de manejabilidad o asentamiento del concreto en estado fresco según la NTC 396 para el método de ensayo de asentamiento, utilizando el cono de Abraham, debido a varios inconvenientes técnicos, no se pudo acceder a este equipo y/o herramienta, el mismo día que se realizaron las mezclas para los cilindros, por lo tanto, fue imposible realizar esta prueba y debido a esto no se tienen resultados de Asentamiento.

Esto no afecta en absoluto el desarrollo representativo de la actividad ya que la resistencia a la compresión es el principal estudio y en el diseño de mezcla ya

seleccionamos un asentamiento deseado para la mezcla a utilizar, lo que no impidió el correcto desarrollo de la investigación.

ACTIVIDAD 2 - Identificación de propiedades en estado fresco

Este análisis no se realizó, porque se debe hacer en base a los resultados anteriores, pero no se tienen dichos resultados; Más sin embargo se analiza la trabajabilidad o manejabilidad del concreto con el vidrio, en base a la investigación ***Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas de mezclas de concreto*** de (Arango & Zapata, 2013), la cual se asemeja a este objetivo del presente proyecto de grado.

De esa investigación antes mencionada, se pudo evidenciar y comprender la trabajabilidad o la manejabilidad de las mezclas, la cual, se analizó según el asentamiento que presentó la mezcla de concreto, cuando se adicionó la fibra de vidrio, en los porcentajes estudiados; como lo indica la tabla 18 y la ilustración 19.

Tabla 18: Asentamiento de las mezclas con vidrio.

TABLA DE DOSIFICACION DE MEZCLAS						
CODIGO	FIBRA (%)	CEMENTO (kg)	ADITIVO (kg)	TRITURADO (kg)	ARENA (kg)	ASENTAMIENTO (cm)
M-REF	0	460	4.41	892	759	19.7
M-0.5	0.5	460	4.41	892	759	18.0
M-1	1	460	4.41	892	759	14.0
M-1.5	1.5	460	4.41	892	759	11.0
M-2	2	460	4.41	892	759	7.0
M-2.5	2.5	460	4.41	892	759	3.0

Fuente: (Arango & Zapata, 2013).

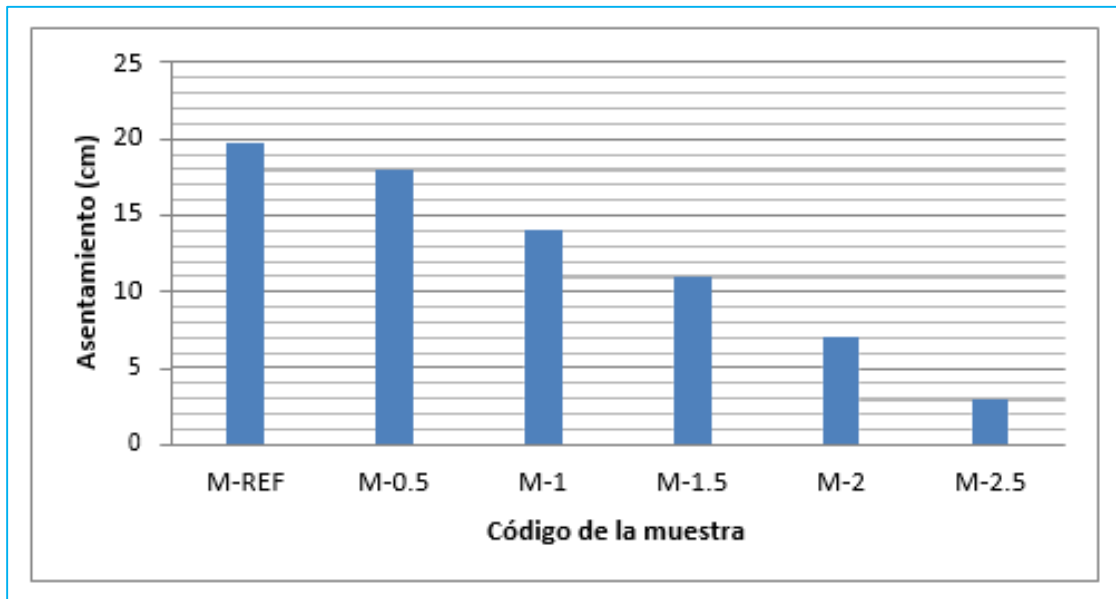


Ilustración 19: Grafica del asentamiento de las mezclas.

Fuente: (Arango & Zapata, 2013).

Para la tabla y grafica anterior, se explica las características de asentamiento para la mezcla de referencia (M-REF), la mezcla con adición de 0.5% de fibra de vidrio (M0.5), la mezcla con adición de 1% de fibra de vidrio (M-1), la mezcla con adición de 1.5% de fibra de vidrio (M-1.5), la mezcla con adición de 2% de fibra de vidrio (M-2) y mezcla con adición de 2.5% de fibra de vidrio (M-2.5).

Análisis

Se puede observar, que a medida que se adiciona fibra de vidrio a la mezcla, se pierde la trabajabilidad, llegando a un límite de valores de 2.5%, con un asentamiento de 3 cm; esta disminución se debe al aumento de agentes sólidos en la mezcla.

El asentamiento de la muestra con mayor adición de fibra de vidrio logró solo el 15.22%, respecto al asentamiento de la muestra de referencia, valor que indica que, con dicho porcentaje, es casi imposible trabajar la muestra de concreto con adición, por ende, el resultado de la resistencia a la compresión, concluirá si es viable o no la utilización de vidrio en la preparación de concreto.

ACTIVIDAD 3 – Elaboración de especímenes o probetas cilíndricas de concretos

1. En esta actividad se realizó la elaboración de las probetas cilíndricas, que permitió realizar el ensayo de resistencia a la compresión, para ello, es necesario realizar dos tipos de mezclas, como se explica en la siguiente tabla 19.

Tabla 19: Tipos de mezclas de concreto a trabajar.

Muestra	Materiales
Mezcla A: con agregados convencionales	Arena, grava, cemento y agua.
Mezcla B: con agregado reciclado (vidrio)	Vidrio reciclado, grava, cemento y agua.

Fuente: Autores, 2021.

2. Estas mezclas se realizaron en los laboratorios de concreto de la universidad popular del cesar, en donde, se evaluaron las propiedades mecánicas en estado endurecido para la mezcla convencional y la mezcla de vidrio reciclado, las mezclas en análisis para esta investigación, se utilizaron las cantidades de los agregados calculados en la etapa anterior, como se muestra en la siguiente tabla 18 y la ilustración 18.

Mezcla A: con agregados convencionales	Mezcla B: con agregado reciclado (vidrio)
	



Ilustración 20: Proceso de los dos tipos de mezcla en estudio.

Fuente: Autores, 2021.

4. Posteriormente, con ambas mezclas preparadas se procedió a realizar el encofrado de las muestras en los cilindros, tal cual, como se evidencia en las siguientes figuras, siguiendo los lineamientos de la NTC 550, como esta descrito en la metodología de este proyecto de grado.

Mezcla A: con agregados convencionales	Mezcla B: con agregado reciclado (vidrio)

Ilustración 21: encofrado de los cilindros o probetas con ambas mezclas.

Fuente: Autores, 2021.

5. Luego del encofrado de los cilindros, se realizó el curado inicial, dejándose en un lugar húmedo a una temperatura que oscila entre 20° a 25° C a las 48 horas o 2 días se desmoldaron los cilindros, estos mismos se marcaron en la cara circular de la probeta, las anotaciones para su identificación; Para llevar los cilindros al curado final, se metieron en una piscina o alberca de curado donde se dejaron los cilindros al agua libre.



Ilustración 22: Encofrado y desmolde de los cilindros.

Fuente: Autores, 2021.



Ilustración 23: Cilindros antes del curado final.

Fuente: Autores, 2021.

6. Una vez cumplido el tiempo de fraguado y curado de las muestras, se procedió a realizar los ensayos de resistencia a la compresión de los cilindros, se examinaron para las edades (7, 14 y 28) para ambas mezclas, como se explica en la siguiente tabla.

Tabla 20: Edades y número de cilindros utilizados.

Edades	Mezcla A	Mezcla B
7 días	1 cilindro	1 cilindro
14 días	1 cilindro	1 cilindro
28 días	1 cilindro	1 cilindro
Total:	3 cilindros	3 cilindros

Fuente: Autores, 2021.



Ilustración 24: Organización de las edades para cada especímenes.

Fuente: Autores, 2021.

ACTIVIDAD 4 - Ensayo de resistencia la compresión NTC 550

Después de ser curadas las muestras, estas fueron ensayadas en el laboratorio de concreto V & O INGENIERIA S.A.S, ubicado en la ciudad de Valledupar, ya que esta empresa cuenta con los equipos respectivos para realizar los ensayos de resistencia a la compresión y de esta manera los resultados tuvieron más veracidad y confiabilidad.

El equipo empleado para obtener la resistencia a la compresión fue una prensa hidráulica PC-42 SERIE 340 CODIGO INTERNO P-COM-02.

Seguidamente en la tabla 21, se explica la fecha de entrega de los cilindros al laboratorio después de haberse realizado el proceso de desencofrado de los cilindros y al mismo tiempo la fecha de ruptura, cumpliendo de esta manera por parte del laboratorio los lineamientos para determinar la resistencia a la compresión para las diferentes mezclas de agregado y se indica el % de humedad y temperatura en el momento de la ruptura.

Tabla 21: Fecha de ruptura de cada cilindro.

MEZCLA	CODIGO	EDADES	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE RUPTURA	HUMEDAD	TEMPERATURA
	(Laboratorio)	(días)	(día/mes/año)	(día/mes/año)	%	°C
A	2466	7	22/09/2021	29/09/2021	80	29,6
B	2467	7	24/09/2021	01/10/2021	75	28,5
A	2468	14	22/09/2021	06/10/2021	75	31,4
B	2469	14	24/09/2021	08/10/2021	75	31,4
A	2470	28	22/09/2021	20/10/2021	68	29,7
B	2471	28	24/09/2021	22/10/2021	68	29,7

Fuente: Autores, 2021.

Se hace la explicación con respecto a las fechas de entrega de los cilindros al laboratorio, los tres (3) cilindros de la mezcla A son entregados dos (2) días antes de los tres (3) cilindros de la mezcla B. En las siguientes ilustraciones se evidencia lo anteriormente dicho, ya que se marcaron cada uno en la cara superior para poder identificar la fecha que se debía realizar el proceso.



Ilustración 25: especímenes a edad de 7 días.

Fuente: Autores, 2021.

A continuación, se hace un análisis con respecto al porcentaje (%) de humedad que tenían los cilindros antes de llevarlos a la prensa hidráulica, para ello, se realiza la siguiente gráfica y así observar con mayor amplitud la disminución del porcentaje (%) de humedad, al pasar los días.

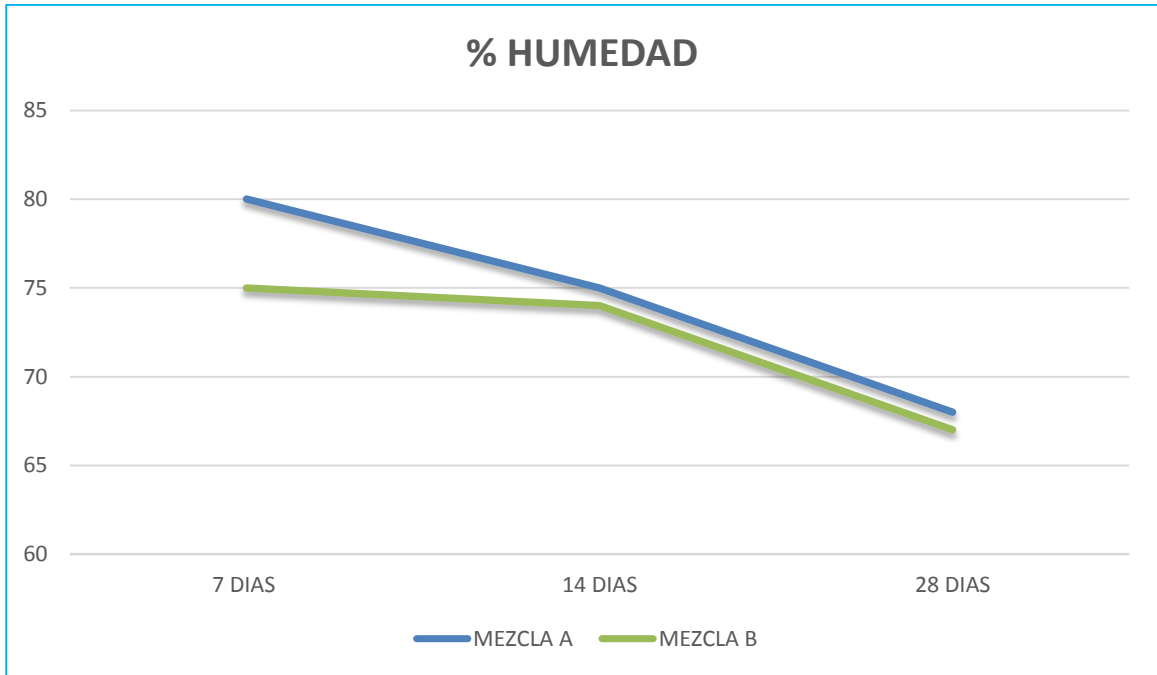


Ilustración 26: Gráfica del % de Humedad.






Fuente: Autores, 2021.

ETAPA 3 Comparar los resultados obtenidos de los ensayos para los diseños de mezcla

ACTIVIDAD 1 – Descripción de las fallas obtenidas

En la última etapa del proyecto, se realizó un análisis comparativo de las diferentes fallas obtenidas en las edades de los cilindros de 7, 14 y 28 días respectivamente, de tal manera que, se especifique la carga, área y presión ejercida, para poder identificar e interpretar los cambios presentados en las propiedades mecánicas, con la adición de fibras de vidrio al concreto con respecto al agregado fino convencional de la arena.

Tabla 22: Fallas de los cilindros de la resistencia a la compresión.

Edades	Mezcla A	Tipo de Falla	Mezcla B	Tipo de Falla
7 días		Tipo 5		Tipo 5
14 días		Tipo 3		Tipo 5
28 días		Tipo 3		Tipo 3

Fuente: Autores, 2021.

En la tabla 22 se logra evidenciar en cada una de las imágenes, el tipo de falla que arroja cada cilindro; seguidamente se describe detalladamente los dos tipos de falla para los 6 cilindros al momento de realizar el ensayo de resistencia a la compresión, según la NTC 673 DE 2010.

Tabla 23: Descripción de los tipos de falla en el ensayo de los cilindros

TIPO DE FALLA	DESCRIPCION
Tipo 3	Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos mal formados.
Tipo 5	Fracturas en los lados de la parte superior o inferior, esto ocurre comúnmente con los cabezales no adheridos.

Fuente: Autores, 2021.

ACTIVIDAD 2 - Tabulación de los resultados obtenidos

Finalmente, se realizó una tabulación de toda la información, con respecto a las diferentes propiedades físicas y mecánicas, obtenida de los resultados hallados en el laboratorio de concreto (ensayo de la resistencia a la compresión).

Esta tabla permitió identificar y determinar de qué manera influyo, la utilización del vidrio molido como reemplazo del agregado fino en el concreto y evaluar las propiedades mecánicas en estado endurecido del concreto con agregado convencional y del concreto con vidrio molido reciclado, para cada una de las edades.

Tabla 24: Resultados de la resistencia de la compresión de los cilindros.

MEZCLA	CODIGO	EDADES	DIÁMETRO	ALTURA	PESO	ÁREA TRANSVERSAL	CARGA MÁXIMA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		REFRENDACIÓN	PATRÓN DE FACTURA	DENSIDAD
		(DÍAS)	(MM)	(MM)	(KG)	(MM2)	(KN)	MPA	(PSI)	TIPO	#	(KG/M3)
A	2466	7	153,4	301,0	12,032	18482	98,75	5,34	775,0	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	5	2162,9
B	2467	7	151,0	306,0	12,040	17908	110,36	6,16	893,8	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	5	2197,2
A	2468	14	151,0	302,0	11,960	17908	155,80	8,70	1261,8	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	3	2211,5
B	2469	14	153,0	304,0	12,560	18385	191,09	10,39	1507,5	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	5	2247,2
A	2470	28	151,0	302,0	11,970	17908	215,80	12,05	1747,8	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	3	2213,3
B	2471	28	150,0	304,0	12,340	17672	210,39	11,91	1726,8	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	3	2297,0

Fuente: Autores, 2021.

Posteriormente a la tabulación de los datos, se procede a graficar, para hallar la curva de resistencia a la compresión y determinar el comportamiento del vidrio, pero antes en la siguiente tabla 25, se presenta un resumen de los datos a evaluar en la gráfica, en este caso son los resultados de la resistencia a la compresión.

Tabla 25: Resistencia a la Compresión.

EDADES	MUESTRA A (MPa)	MUESTRA B (MPa)
7 DIAS	5,34	6,16
14 DIAS	8,70	10,39
28 DIAS	12,05	11,91

Fuente: Autores, 2021.

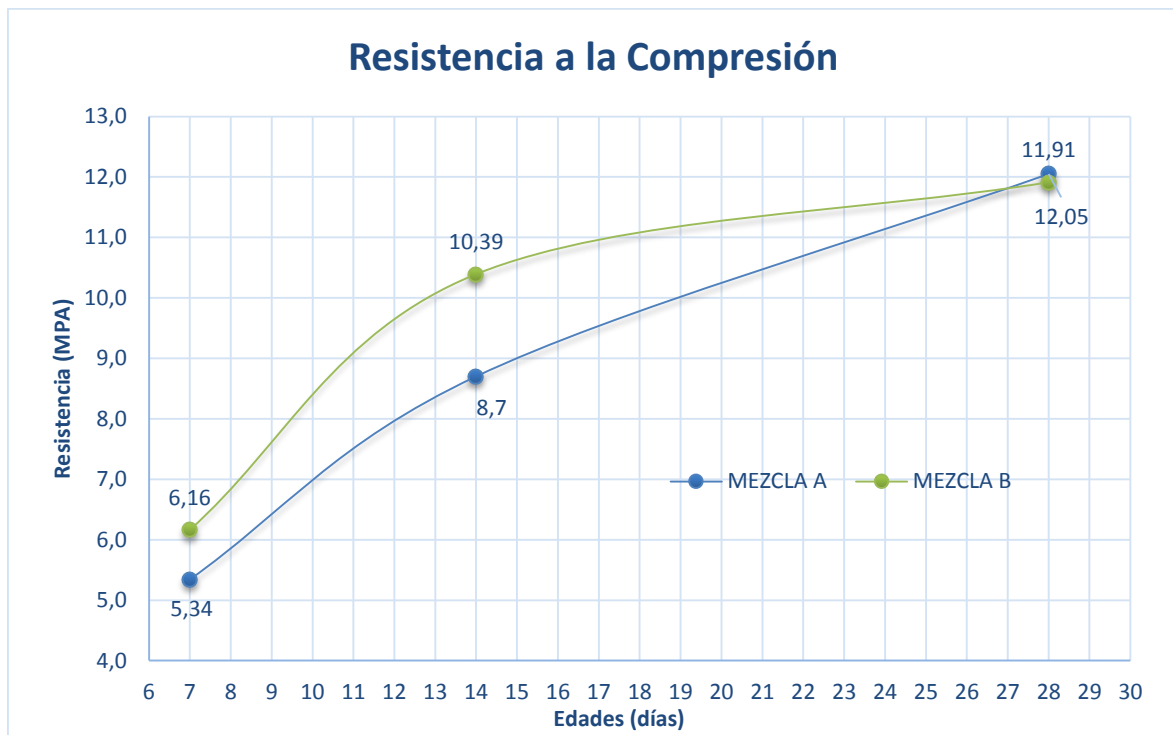


Ilustración 27: Grafica comparativa de la resistencia a la compresión.

Fuente: Autores, 2021.

Se puede analizar de la gráfica anterior, que la resistencia a la compresión, es directamente proporcional al aumento de los días para ambas mezclas, esto quiere decir que, a los 28 días la resistencia a la compresión es mayor a comparación de los 7 días. Al mismo tiempo se deduce que a los 28 días el cilindro de la mezcla A (agregados convencionales) es mayor (12,05 Mpa) al cilindro de la mezcla B (grava y vidrio molidos reciclado) con (11,91) la diferencia es muy mínima.

Pero si notamos que para los 7 y los 14 días la mezcla B, tuvo mayor resistencia a la compresión que la mezcla A, por ende, se puede decir que el vidrio reciclado presenta un comportamiento favorable en cuanto a la resistencia a la compresión, por lo tanto, en función de los resultados obtenidos, el vidrio si se puede utilizar como agregado fino, ya que este permitió una mejora en los niveles de la resistencia a la compresión.



CONCLUSIONES

En este proyecto de investigación, se estudió el uso del vidrio molido reciclado como agregado fino para mejorar los niveles de resistencia a la compresión en el concreto u Hormigón, para ellos se trabajaron los parámetros de granulometría, diseño de mezcla, asentamiento y resistencia a la compresión, siguiendo los lineamientos de las NTC para el concreto; en base a los resultados obtenidos de cada uno de los procesos se analizaron diferentes situaciones.

Para el análisis granulométrico se evidenció, que el comportamiento de la arena y del vidrio molido reciclado como agregados finos, tuvieron un rendimiento similar, obteniendo valores cercanos en el porcentaje (%) de peso retenido y el porcentaje (%) que pasa para ambas mezclas.

En los cálculos obtenidos para el diseño de mezcla por el método ACI, los valores fueron cambiantes, ya que, el peso específico del vidrio (1.120 kg/m^3) es mucho menor al peso específico de la arena (2.860 kg/m^3), del mismo modo, el módulo de Finura varía para ambos teniendo para el vidrio un MF de 3,06 y para la arena un MF de 3,8, según la norma el módulo de finura normales del agregado fino para el concreto debe estar entre 2.50 a 3, si son mayores a 3 la arena es gruesa, ósea entre mayor sea el módulo de finura más grueso será el agregado.

El ensayo del asentamiento no se pudo realizar debido a inconvenientes técnicos, puesto que la Universidad Popular del Cesar como centro de desarrollo de la investigación, no cuenta con este equipo, asimismo, el costo de alquiler del mismo es elevado y considerando que la financiación de la investigación fue propia, no se llegó a solventar el costo necesario.

En consecuencia, en búsqueda de evaluar de otra forma esta característica, se recurrió a investigaciones anteriores, en este caso, la presentada por Arango & Zapata (2013) donde exponen que la trabajabilidad y la manejabilidad en la utilización del vidrio como

agregado fino, tiene un comportamiento particular, que a medida que se adiciona la fibra de vidrio, la mezcla pierde la trabajabilidad, llegando a un límite al 2.5% y con un asentamiento de 3 cm, esto quiere decir que, no es manejable el vidrio para el concreto en grandes porcentajes.

Por otro lado, para evaluar la característica de la resistencia a la compresión, se elaboraron 6 cilindros, 3 de ellos con la mezcla A (agregados convencionales) y los otros 3 para la mezcla B (adición de fibra de vidrio), estos se llevaron a una prensa hidráulica aportada por el LABORATO V&O INGENIERIA, posteriormente de cumplido con los procesos de curado, junto con las edades de (7, 14 y 28 días) y bajo los lineamientos de la NTC se desarrolló el ensayo de la resistencia a la compresión, en búsqueda de eliminar la mayor cantidad de errores que puedan generarse.

De manera que, como resultado para las edades (7 y 14 días) la Mezcla B (893,8 PSI y 1507, 5 PSI) supera los valores obtenidos en la resistencia a la compresión de la mezcla A respectivamente (775,0 PSI y 1261, 8 PSI) por valores de 118,8 PSI hasta 245,7 PSI, pero se observa un comportamiento diferente para la edad de (28 días) la mezcla A (1747,8 PSI) es mayor a la mezcla B (1726,8 PSI) con una diferencia 21 PSI, de tal forma que, analizando los valores obtenidos para la mezcla B que presenta la inclusión de la fibra de vidrio, muestra que tiene una mayor capacidad de soportar cargas los primeros 14 días ,pero al día 28 es superada en poca cantidad por la mezcla A .

Finalmente, en base a estos resultados obtenidos en la investigación, se puede estimar que, la adición de vidrio molido reciclado en una mezcla de concreto, muestra un mejoramiento representativo en el esfuerzo máximo del concreto, a cargas de aplastamiento en los primeros 14 días, por otro lado, cabe señalar que, obtener un concreto con materiales reciclables, cuyas propiedades físicas y mecánicas, sean similares o superiores a las encontradas en un concreto con uso de agregados convencionales, puede ser posible, siempre y cuando, se considere el reemplazo de los agregados no superior el 30% del agregado convencional.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar aditivos al momento de realizar la mezcla para obtener una mejor manejabilidad del concreto reciclado en estado fresco.
- Variar la relación a/c para lograr concretos de características equivalentes teniendo en cuenta la normatividad y el costo de los agregados
- Realizar estudios a los hormigones reciclados alterando la cantidad de cemento, con el objetivo de encontrar una correlación entre la cantidad de cemento requerido en comparación con un concreto convencional.
- Realizar ensayos a edades avanzadas de los 28 días, con el objetivo de evaluar el comportamiento a largo plazo de los agregados reciclados.
- Al momento de utilizar éste concreto reciclado hay que tener muy en cuenta las dosificaciones detalladas en el estudio.
- Durante la manipulación de la fibra de vidrio y de las mezclas con contenido de ésta, se recomienda usar guantes, camisa con manga larga y protector de boca y nariz, esto debido a que la fibra de vidrio provoca un brote y rasquiña inmediata cuando se junta con la piel humana.



BIBLIOGRAFÍA



- Alcaldía de Valledupar. (2020). *Alcaldía Municipal de Valledupar*. Obtenido de INFORMACIÓN DEL MUNICIPIO.
- Arango, S., & Zapata, J. (2013). *Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas de mezclas de concreto*. Medellín. Obtenido de https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8510/Samuel_ArangoCordova_JhonAnderson_ZapataSierra_2013.pdf?sequence=2
- Arias, R. (2017). *Propiedades físico – mecánicas del hormigón elaborado con áridos reciclados*. Quito.
- Arroyave, A., & Jaramillo, M. (2014). *Viabilidad de la recolección del vidrio para el reciclaje en Colombia utilizando retorno de Valor*. Envigado: Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- Bazalar, L., & Cadenillas, M. (2019). *Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con $f'c=280$ kg/cm² en estructuras aperticadas en la ciudad de Lima para reducir la contaminación ambiental*. Lima.
- Bedoya, C., & Dzul, L. (2015). El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. *Revista ingeniería de construcción*.
- Competella, E., & Villena, J. (03 de Diciembre de 2019). El mundo se está quedando sin arena, es grave. *El tiempo*.
- Cano, J. D., & Cruz, C. M. (2017). *ANÁLISIS DE MEZCLAS DE CONCRETO CON PROPORCIONES DE VIDRIO MOLIDO, TAMIZADO Y GRANULAR COMO ADITIVO A FIN DE AUMENTAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN*. Pereira.
- Caro, D. (10 de Junio de 2019). *EL PILON*. Obtenido de Las cifras demuestran que urge empezar a reciclar: <https://elpilon.com.co/las-cifras-demuestran-que-urge-empezar-a-reciclar/>
- EL PILON. (18 de Julio de 2019). *Aumentó producción de cemento en el Cesar*. Obtenido de EL PILON: <https://elpilon.com.co/aumento-produccion-de-cemento-en-el-cesar/>

- García, B. (2014). *EFEECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'c=210$ KG/CM² EN LA CIUDAD DE PUNO*.
- Guerson, W. (2017). *INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO Y COSTOS DE FABRICACIÓN, COMPARADO CON EL CONCRETO CONVENCIONAL*. Huaraz – Perú.
- Gutierrez, A., Marin, A. F., & Viveros, A. F. (2016). *Evaluacion de la Resistencia del Concreto Hidráulico con Diferentes Aditivos*. Pereira.
- Gutierrez, A., Muñoz, A. F., & Castaño, M. (2015). *ANÁLISIS DEL CONCRETO CON TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) COMO ADITIVO PARA ALIGERAR ELEMENTOS ESTRUCTURALES*. Pereira.
- Hernandez, A. R. (2014). *DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN POR EL MÉTODO A.C.I. Y EFECTOS DE LA ADICIÓN DE CENIZAS VOLANTES DE TERMOTASAJERO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN*. Bogota D.C.
- ICONTEC. (1992). *NTC 396: METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO*.
- Jaimes, L., & Torres, K. (19 de Mayo de 2019). Aprovechamiento del GCR para la elaboración de adoquines ecológicos como alternativa a la industria constructiva. *Revista Politecnica*, 15(29). Obtenido de <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1520/1222>
- Ministerio de Medio Ambiente. (2001). *Prevencion y control integrados de contaminacion (IPPG)*. Comision Europea.
- Niño, J. (2011). *Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y Diseños de mezcla TOMO 1*.
- Ochoa, L. (2018). *EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO REDUCTOR DE AGREGADO FINO PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS URBANOS*.
- Paredes, A. (2019). *Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $F'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido*. Peru. Obtenido de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3339/CIVIL%20-%20Alexis%20Paredes%20Bendez%C3%BA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Peñañiel, D. (2016). *Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino*. Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23038/1/Tesis%20%201011%20-%20Pe%C3%B1a%C3%B1iel%20Carrillo%20Daniela%20Alejandra.pdf>
- Ramirez, A., & Portela, J. D. (2018). *COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO ADICIONADAS CON CENIZA VOLANTE CON PORCENTAJES INFERIORES AL 10%*. Pereira.
- Rivera, G. (2011). *Concreto Simple*. Cauca: Ingeniería y Construcción.
- Rojas Cairampoma, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 1-14.
- Serrano, M. F., & Perez, D. (2011). Concreto preparado con residuos industriales: Resultado de alianza empresa universidad. *Educación en Ingeniería*, 1.
- Soto, L. (29 de Marzo de 2011). *SLIDESHARE*. Obtenido de Investigación y tipos de investigación: <https://es.slideshare.net/lili369/investigacin-y-tipos-de-investigacin>
- SUPERSERVICIOS. (2016). *Informe Nacional de Aprovechamiento - 2016*. Bogota D.C.



ANEXOS

 	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13	VERSIÓN 12
		CODIGO SSC-F-03
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS		13/01/2021
		PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EXPEDICIÓN:	2021 DE OCTUBRE 02	CÓDIGO:	RC.RE.AP.015-10-21
SOLICITANTE:	FABIAN ZABALETA	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, CESAR
DIRECCIÓN:	MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, CESAR		
CORREO ELECTRONICO:	fabianeduardo410@gmail.com		
TELÉFONO:	3127170490	EQUIPO:	PC-42 SERIE 340 CÓDIGO INTERNO P-COM-62
OBRA:	PROYECTO DE GRADO UNIVERSIDAD	HERRAMIENTAS:	PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X)) NEOPRENOS : (X) TERMOHIGROMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-0-12)(X)
		CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA T 29.0 HUMEDAD % RH CLIMDO:
		FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2021 DE OCTUBRE 02
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE SEPTIEMBRE 28
		LABORATORISTA:	YEMAR BARRIOS SOTELO

AVANCE N° 04														
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE MUESTRA	CASA			PESO (kg)	ÁREA (cm²)	PESO (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		REFERENCIA	HERRAMIENTAS	ÁREA (cm²)
				CMAS	CMMS	CMMS				MPA	MPA			
1	28 SEPTIEMBRE COD 2466	22/09/2021	26/09/2021	7	153,4	301,0	12,032	1882	98,75	5,34	775,0	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENOS)	5	2362,9
TOTAL CILINDROS											1			

Nota: Los resultados que están con el símbolo * con los que conforma este informe.
 Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrado siempre y cuando el cliente los solicite.
 Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERIA SAS
 VVO INGENIERIA S.A.S evade los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.

OBSERVACIONES:





IMPORTANTE:
 * Los informes de los ensayos de laboratorio con la firma original del Director Técnico del Laboratorio, no tienen validez.
 * Este informe respalda firmemente los resultados obtenidos y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
 * Este resultado está relacionado solamente con el área sometida a ensayo.
 * Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3889



CALLE 3C N°9-23 LOY CAMPANOS TEL. 5834724 CEL. 3126690173-3005433096
 Pagina Web: www.vvoingenieria.com E-MAIL: vvoingenieria@gmail.com
 VALLEDUPAR-CESAR-COLOMBIA

FIN DEL INFORME

Anexo 1: Resultado del cilindro mezcla A de 7 días

 	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13	VERSIÓN 12 CÓDIGO 56C-F-63
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	13/03/2021
		PAGINA 1 de 1

DATOS DEL ADMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EDICIÓN:	2021 DE OCTUBRE 07	CÓDIGO:	RC.RE.AP.033-10-21
SOLICITANTE:	FABIAN ZABALETA	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, CESAR
DIRECCIÓN:	MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, CESAR		
CORREO ELECTRONICO:	fabianeduardo410@gmail.com		
TÉLFONO:	3127170490	EQUIPO:	PC-42 SERIE 340 CÓDIGO INTERNO: P-COM-02
		HERRAMIENTAS:	PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X)) NEOPRENO: (X) TERMOHIGROMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-D-1000R)
OBRA:	PROYECTO DE GRADO UNIVERSIDAD	CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA: 28,5 HUMEDAD (%): 75 CLARIDAD:
		FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2021 DE OCTUBRE 04
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE SEPTIEMBRE 28
		LABORATORIO:	YEMAR BARRIOS BOTELO

AVANCE N°'S														
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA FINIDA	FECHA INICIO	EDAD (DÍAS)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)
1	01 OCTUBRE CDD 2467	2021-09-24	2021-10-01	7	151,0	306,0	12,040	17908	110,36	6,16	893,8	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	5	2297,2
TOTAL CILINDROS														
1														

Nota: los resultados que estén contrariados con los que conforman este informe.
 Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrados siempre y cuando el cliente los solicite.
 Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERÍA SAS.
 VVO INGENIERÍA S.A.S evade los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.

OBSERVACIONES:





IMPORTANTE:
 *Los informes de los ensayos de laboratorio con la firma original del Director Técnico del Laboratorio, no tienen validez.
 *Este informe expresa solamente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
 *Este resultado está relacionado solamente con el ítem sometido a ensayo.
 *Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3689.



CALLE 3C N°9-33 LOS CAMPANOS TEL. 3844724 CEL. 3126690172-3005633996
 Pagina Web: www.vvoingenieria.com E-MAIL: vvoingenieria@gmail.com
 VALLEDUPAR-CESAR-COLOMBIA

FIN DEL INFORME

Anexo 2: Resultado del cilindro mezcla B de 7 días

 	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13	VERSIÓN 12
		CODIGO SGC-F.63
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	13/01/2021 PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EXPEDICIÓN: 2021 DE OCTUBRE 12	CÓDIGO: RC.RE.AP.079-10-21	LOCALIZACIÓN OBRA: MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, CESAR	
SOLICITANTE: FABIAN ZABAleta	EQUIPO: PC-42 SERIE 340 CODIGO INTERNO: P-COM-42		
DIRECCIÓN: MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, CESAR	HERRAMIENTAS: PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X)		
CORREO ELECTRONICO: fabianoeduardo410@gmail.com	NEOPRENOS (N-01): (X) TERMOHIGROMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-0-12)(R)		
TÉLEFONO: 3127170490	CONDICIONES AMBIENTALES: TEMPERATURA °C: 31,4 HUMEDAD (%): 75 CLARIDAD:		
OBRA: PROYECTO DE GRADO UNIVERSIDAD	FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE: 2021 DE OCTUBRE 11		
	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 2021 DE SEPTIEMBRE 28		
	LOCALIZACIÓN: VERBAR BARRIOS SOBLO		

AVANCE N° 06															
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE MUESTRA	ESPESES			PESO	ESPESES		RESISTENCIA A LA COMPRESION			REFERENCIAS	HERRAMIENTAS	CANTIDAD (kg/m³)
				CMOS	CMOS	CMOS		CMOS	CMOS	CMOS	CMOS	CMOS			
1	8 OCTUBRE CDD 2409	2021-09-24	2021-10-08	14	153,0	304,0	12,560	18385	191,09	30,39	1907,5	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	5	2247,2	
TOTAL CILINDROS													1		

Nota: Los resultados que estén cambian adic con los que conforman este informe.
 Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrados siempre y cuando el cliente los solicite.
 Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERIA SAS
 VVO INGENIERIA S.A.S agradece los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.

OBSERVACIONES:





IMPORTANTES:
 * Los informes de los ensayos de laboratorio con la firma original del Director Técnico del laboratorio, no tienen validez.
 * Este informe expresa solamente los resultados obtenidos y no se refiere al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
 * Este resultado está relacionado solamente con el cemento utilizado a ensayo.
 * Los factores de conversión con tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3899



CALLE 3C N°9-23 LOS CAMPANOS TEL. 5634724 CEL. 3126690172-3005638996
 Pagina Web: www.vvoingenieria.com E-MAIL: vvoingenieria@gmail.com
 VALLEDUPAR-CESAR-COLOMBIA

FIN DEL INFORME

Anexo 3: Resultado del cilindro mezcla A de 14 días

 	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO - INV. E-410-13	VERSIÓN 12
		CODIGO SGC-4.63
		11/01/2021
	INFORME DE RESULTADOS DE ENJAYOS	PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EMISIÓN:	2021 DE OCTUBRE 12	CÓDIGO:	RC.RE.AP.000-10-21
SOLICITANTE:	FABIAN ZABAleta	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, CESAR
EMISIÓN:	MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, CESAR		
CORREO ELECTRÓNICO:	fabianeduardo410@gmail.com	EQUIPO:	PC-42 SERIE 340 CODIGO INTERNO P-00M-62
TÉLEFONO:	3127170490	HERRAMIENTAS:	PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (CA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X) NEOPRENOS (N-01): (X) TERMOHIGROMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-0-12)(R)
OBRA:	PROYECTO DE GRADO UNIVERSIDAD	CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA(°C) 21,6 HUMEDAD(%) 75 CLARIDAD:
		FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2021 DE OCTUBRE 09
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE SEPTIEMBRE 28
		LUGAR DE ORIGEN:	HEMAR BARRIOS SOTELO

AVANCE N° 07		RESUMEN DE LA COMPRESIÓN												
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE FUNDIDA	FECHA DE ENJAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ALTEZA (mm)	PESO (kg)	ÁREA TRANSV. (cm²)	ÁREA SECC. (cm²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)		REFERENCIA	NÚMERO MUESTRAS	RESISTENCIA (kg/cm²)
1	6 OCTUBRE COD 2468	2021-09-22	2021-10-06	14	151,0	302,0	11,960	17908	155,80	8,70	1261,8	TAPAS NO ADHERIDAS (NEOPRENO)	3	2211,5
TOTAL CILINDROS														1

Nota: Los resultados que están cambiados con los que conforman este informe.
 Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrados siempre y cuando el cliente los solicite.
 Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERIA SAS.
 VVO INGENIERIA S.A.S agrade los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.

OBSERVACIONES:





IMPORTANTE:
 * Los informes de los ensayos de laboratorio sin la firma original del Director Técnico del Laboratorio, no tienen validez.
 * Este informe expresa fielmente los resultados obtenidos y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
 * Este resultado está relacionado solamente con el tipo sometido a ensayo.
 * Los factores de conversión con tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3090



CALLE 3C N°9-23 LOS CAMPANOS TEL. 5834724 CEL. 3126690172-3005638996
 Pagina Web: www.vvoingenieria.com E-MAIL: vvoingenieria@gmail.com
 VALLEDUPAR-CESAR-COLOMBIA

FIN DEL INFORME

Anexo 4: Resultado del cilindro mezcla B de 14 días

 	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO	VERSIÓN 12
	NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13	CÓDIGO SGC-F-63
	INFORME DE RESULTADOS DE ENJAYOS	13/01/2023
		PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EMISIÓN:	2021 DE OCTUBRE 22	CÓDIGO:	RC.RE.AP.179-10-21
SOLICITANTE:	FABIAN ZABALETA	LOCALIZACIÓN OBRA:	MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, CESAR
DIRECCIÓN:	MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, CESAR	EQUIPO:	PC-42 SERIE 343 CÓDIGO INTERNO: P-00M-62
CORREO ELECTRÓNICO:	fabianeduardo410@gmail.com	HERRAMIENTAS:	PIE DE REY (PR-01): (X) CALIBRADORES (GA-01): (X) ESCUADRA (ES-01): (X)) NIVELADORES (N-01): (X) TERMOHIGROMETRO (TH-01): (X) BALANZA (BAL-0-12):(X)
TELÉFONO:	3127170490	CONDICIONES AMBIENTALES:	TEMPERATURA (°C): 29,7 HUMEDAD (%): 68 CLARIDAD:
OBRA:	PROYECTO DE GRADO UNIVERSIDAD	FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE:	2021 DE OCTUBRE 22
		FECHA RECEPCIÓN MUESTRA:	2021 DE SEPTIEMBRE 28
		LABORATORIO:	HEMAR BARRIOS SOTELD

AVANCE N° DE		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN										REFERENCIAS		HERRAMIENTAS		ADHESIÓN	
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DEL FONDO	FECHA DEL TOPO	EDAD (DÍAS)	DIÁMETRO (CM)	ALCANTARAL (CM)	PESO (KG)	ÁREA TRANSV. (CM²)	ÁREA SECC. (CM²)	ÁREA SUP. (CM²)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)	RESISTENCIA (MPa)
1	22 OCTUBRE CDD 2471	2021-09-24	2021-10-22	28	150,0	304,0	12,340	17672	210,39	11,91	1726,8						
TOTAL CILINDROS												1					

Nota: Los resultados que están cambiados con los que conforman este informe.
 Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrados siempre y cuando el cliente los solicite.
 Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERIA SAS
 VVO INGENIERIA S.A.S sigue los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.

OBSERVACIONES:





IMPORTANTE:
 * Los informes de los ensayos de laboratorio sin la firma original del Director Técnico del Laboratorio, no tiene validez.
 * Este informe expresa solamente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
 * Este resultado está relacionado solamente con el ítem contenido a ensayo.
 * Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3899



CALLE 3C N°9-23 LOS CAMPANOS TEL. 5834724 CEL. 3126690172-3005433896
 Pagina Web: www.vvoingenieria.com E-MAIL: vvoingenieria@gmail.com
 VALLEDUPAR-CEIAR-COLOMBIA

FIN DEL INFORME

Anexo 5: Resultado del cilindro mezcla A de 28 días

 	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO NORMA DE ENSAYO – INV. E-410-13	VERSIÓN 13
		CODIGO SGC-F-63
		13/03/2021
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	PAGINA 1 de 1

DATOS DEL REMITENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	
FECHA DE EXPEDICIÓN: 2021 DE OCTUBRE 22	CÓDIGO: RC.RE.AP.180-10-21	LOCALIZACIÓN OBRA: MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, CESAR	
SOLICITANTE: FABIAN ZABALETA	CORREO ELECTRONICO: fabianeduardo410@gmail.com		
ORIGEN: MUNICIPIO DE VALLEDUPAR, CESAR	TELÉFONO: 3127170490		
OBRA: PROYECTO DE GRADO UNIVERSIDAD	EQUIPO: PC-42 SERIE 340	CODIGO INTERNO: P-008-62	ESCUADRA (ES-01): <input type="checkbox"/>
	HERRAMIENTAS: PIE DE REY (PR-01): (X)	CALIBRADORES (CA-01): (X)	TERMOHIGROMETRO (TH-01): (X)
	CONDICIONES AMBIENTALES		BALANZA (BAL-0-12)(R)
	TEMPERATURA(°C): 29,7	HUMEDAD(%): 88	GRADO:
	FECHA DISPONIBLE AL CLIENTE: 2021 DE OCTUBRE 22	FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 2021 DE SEPTIEMBRE 28	
	LABORATORIO: YEBAR BARRIOS SOTILO		

AVANCE N° 09															
MUESTRA N°	ELEMENTO	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE CURADO	ESTADO			PESO	ÁREA TRANSVERSAL		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			REFERENCIA	NÚMERO FRAGMENTOS	ÁREA (cm²)
				CMAS	CMMS	CMMS		CMAS	CMMS	CMMS	CMMS				
1	20 OCTUBRE C00 2470	2021-09-22	2021-10-20	28	351,0	302,0	11,970	17908	215,80	52,05	1247,8	TAPAS NO ADHESIVAS (NEOPRENO)	3	2213,3	
TOTAL CILINDROS													1		

Nota: Los resultados que estén contrarios con los que conforma este informe.
 Los datos de estimación de la incertidumbre serán suministrados siempre y cuando el cliente los solicite.
 Toda información de resultados enviada en este informe son responsabilidad de VVO INGENIERIA SAS.
 VVO INGENIERIA S.A.S exige los resultados de este informe acorde a las características de las muestras recibidas.

OBSERVACIONES:



IMPORTANTE:
 * Los informes de los ensayos de laboratorio con la firma original del Director Técnico del laboratorio, no tienen validez.
 * Este informe expresa fehacientemente los resultados obtenidos y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.
 * Este resultado está relacionado solamente con el ítem sometido a ensayo.
 * Los factores de conversión son tomados de la Norma Técnica Colombiana NTC 3899.



CALLE 3C N°9-23 LOS CAMPANOS TEL. 5634724 CEL. 3126690172-3005638906
 Pagina Web: www.vvoingenieria.com E-MAIL: vvoingenieria@gmail.com
 VALLEDUPAR-CESAR-COLOMBIA

FIN DEL INFORME

Anexo 6: Resultado del cilindro mezcla B de 28 días